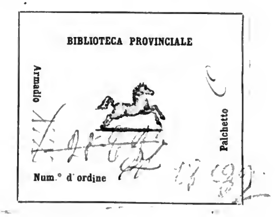

PIZZOFALCONE


BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio
Palchetto
Num.° d'ordine





CONSTRUCTION et Usages des INSTRUMENS de MATHEMATIQUE.

TRAITÉ
DE LA
CONSTRUCTION
ET DES PRINCIPAUX
USAGES
DES
INSTRUMENS
DE MATHÉMATIQUE.

AVEC les Figures nécessaires pour l'intelligence de ce Traité.

DEDIÉ AU ROY.

QUATRIÉME ÉDITION,

Revûe, corrigée & augmentée par LE S[r] N. BION, *Ingénieur du Roi pour les Instrumens de Mathématique, Quai de l'Horloge du Palais, où l'on trouve tous ces Instrumens dans leur perfection.*





A PARIS,

Chez { CHARLES-ANTOINE JOMBERT, Libraire du Roy pour l'Artillerie & le Génie, Rue Dauphine, à l'Image Notre-Dame,
ET
NION Fils, Quay des Augustins, près la rue Gille-Cœur, à l'Occasion.

M. DCC. LII.

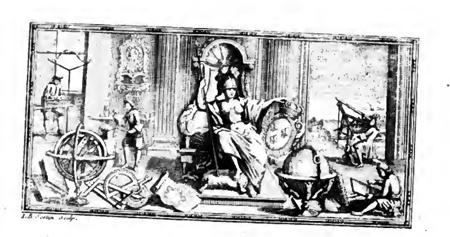
AVEC APPROBATION ET PRIVILÈGE DU ROY.





Admovet ille oculis distantia Sidera nostris,
Ingenio potior, fabrene exactior Artis? Ovid. Fastor.

Par des secours nouveaux, sa main et son Genie
Nous ont developé les leçons d'Uranie;
Nous mesurent la Terre, et les Mers, et les Cieux;
Les Astres par son Art s'approchent de nos yeux.



AU ROY.



IRE,



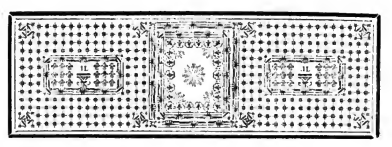
La protection, que Vous accordez à ceux qui cultivent les Sciences & les Arts, fit prendre à l'Auteur de ce Livre la

liberté de Vous le consacrer. La plûpart des Instrumens dont il traite sont aussi utiles pendant la Guerre, qu'agréables en tems de Paix. J'ai crû, SIRE, *entrer dans les Intentions de* VOTRE MAJESTÉ, *en essayant de perfectionner un Ouvrage qui étoit déja tout à Elle, parce qu'il lui fut d'abord présenté dans un âge destiné à l'Etude des Belles-Lettres, & qu'après avoir pris en main les rênes du Gouvernement, Elle voulut bien l'agréer de nouveau. Celui,* SIRE, *qui ose Vous l'offrir encore, est un fils qui renouvelle par-là l'hommage que son pere Vous a autrefois rendu. Daignez,* SIRE, *recevoir ce foible témoignage de son zéle pour Votre service, & celui du Public. Je suis avec un très-profond respect,*

SIRE,

DE VOTRE MAJESTÉ,

Le très-humble, très-obéissant, & très-fidéle Serviteur & Sujet, N. BION.



PRÉFACE.



ON pere ayant fait paroître pendant le cours de sa vie divers Ouvrages de différens genres & en différens tems, l'accueil favorable dont le Public les a toujours honoré, m'a engagé de les continuer. Du nombre de ces Ouvrages est cette nouvelle Edition du *Traité de la Construction & des principaux Usages des* plus curieux & des plus utiles *Instrumens de Mathématique* qui ayent été inventés jusqu'à présent.

Ce Traité est dans le même ordre que celui des précédentes Editions. Après avoir donné les Définitions nécessaires pour son intelligence, on le divise en neuf Livres, & chacun de ces Livres en plusieurs Chapitres.

Le premier Livre contient la Construction & les principaux Usages des Instrumens les plus simples & les plus ordinaires, qui sont le Compas, la Régle, le Tire-ligne, le Porte-crayon, l'Equerre & le Rapporteur. On y trouvera plusieurs beaux traits de Compas, & la maniére de tracer sur du papier toutes sortes de Figures tant réguliéres qu'irréguliéres.

Le second Livre explique assez précisément, quoiqu'en peu de pages, la maniére de construire le Compas de proportion & de pratiquer ses principaux Usages. On y a joint plusieurs Méthodes pour construire différentes Jauges, & les moyens de s'en servir pour jauger les Tonneaux. Le Compas de proportion avec les autres Instrumens ci-dessus énoncés, composent ce qu'on nomme *Etui de Mathématique*.

On trouvera dans le troisiéme Livre la Construction & les Usages de plusieurs Instrumens curieux qui servent ordinairement dans le Cabinet. La matiére est fort diversifiée dans ce Livre, où se trouve l'explication de quantité de choses assez

utiles, comme la maniére d'armer les Pierres d'Aimant, la composition de différens Microſcopes & pluſieurs autres curioſités, qui feront ſans doute plaiſir à beaucoup de Lecteurs.

La matiére du quatriéme Livre conſiſte dans la Conſtruction & les Uſages des principaux Inſtrumens qui ſervent ſur le terrein pour arpenter, lever les Plans, meſurer les diſtances & les hauteurs, tant acceſſibles qu'inacceſſibles. Ces Inſtrumens ſont : la Toiſe, la Chaîne, les Piquets, l'Equerre d'Arpenteur, les Récipiangles, les différentes Planchettes, le Quart-de-Cercle, le Demi-cercle ou Graphométre, la Bouſſole, &c. Il faut obſerver que le deſſein de l'Auteur n'ayant été que d'inſtruire ceux qui commencent à apprendre ces Sciences pour la pratique, il n'y a mis que les Opérations les plus faciles & à la portée de tout le monde; d'autant qu'il y a aſſez d'autres Livres dont on indiquera en partie les ſources dans le cours de cet Ouvrage, qui traitent ces matiéres à fond.

Le cinquiéme Livre contient la Conſtruction de pluſieurs différens Niveaux, avec la maniére de les rectifier & de les mettre en uſage pour la conduite des Eaux. On y a joint l'explication d'une eſpéce de Jauge pour meſurer la quantité d'eau que fournit une Source, & le moyen de partager cette même Eau.

On trouvera auſſi dans ce même Livre la Conſtruction des Inſtrumens d'Artillerie, & la maniére de s'en ſervir, tant pour les Canons & les Boulets, que pour les Mortiers & les Bombes. Ce qui eſt enſeigné à ce ſujet, quoiqu'en abrégé, eſt aſſez de pratique.

Le ſixiéme Livre renferme la Conſtruction & les Uſages des plus beaux & des plus utiles Inſtrumens qui ſervent à l'Aſtronomie. M. de la Hire a fourni à cet égard beaucoup de lumiéres à l'Auteur; & celui-ci a pris dans les Tables Aſtronomiques du premier la plus grande partie du contenu en ce Livre. Il y a cependant auſſi beaucoup de choſes de M. de Caſſini, dont l'exactitude admirable dans les Obſervations des Aſtres eſt connue de tout le Monde Sçavant. C'eſt d'après ces Hommes célébres qu'on a tâché d'expliquer le mieux qu'il a été poſſible la maniére de pratiquer ces Obſervations, pour donner une idée générale de l'Aſtronomie. On a donné dans un Chapitre ſéparé la Conſtruction & l'Uſage d'un Inſtrument appellé *Octans*, ainſi que de quelques autres qui ſervent encore à l'Aſtronomie; tels que ſont le Micrométre, la Machine Parallactique pour obſerver les Aſtres en plein jour, le Téleſcope, &c. On a en

outre indiqué diverſes Méthodes pour décrire la ligne Méridienne, & placer un Gnomon à l'effet de trouver l'inſtant où le Soleil paſſe au Méridien. On a de plus donné la Conſtruction d'un Cercle horiſontal ſur lequel on éléve un Quart-de-Cercle vertical, afin d'obſerver la hauteur des Aſtres ſur l'Horiſon, & leurs diſtances au Zénith. Enfin ce Livre eſt terminé par la Conſtruction d'une Pendule à grandes vibrations pour les Obſervations Aſtronomiques.

On trouvera dans le ſeptiéme Livre la Conſtruction & les Uſages de pluſieurs Inſtrumens propres à la Navigation. Après l'explication des différentes Bouſſoles Marines, & des divers Inſtrumens pour obſerver ſur la Mer la hauteur des Aſtres, on a fait mention de tout ce qui concerne le Quartier de Réduction. On a auſſi enſeigné la maniére de dreſſer les Cartes réduites & de s'en ſervir. Ce Livre contient encore pluſieurs Tables qui ont rapport à cette matiére, & qui peuvent auſſi ſervir pour d'autres qui ſe trouvent répandues dans le cours de ce Traité.

Le huitiéme Livre explique aſſez amplement la Conſtruction & les Uſages des Cadrans Solaires & Lunaires, auſſi-bien que des Cadrans aux Etoiles. On y trouve auſſi la Conſtruction d'une Horloge Elémentaire ou Pendule à l'eau; d'un Cadran qui marque les noms des Vents; & d'un Anéométre pour connoître & meſurer la force & la viteſſe des Vents.

Le neuviéme & dernier Livre contient la Conſtruction & les Uſages de pluſieurs Inſtrumens de Mathématique & de Phyſique, & d'autres Machines différentes qui ont rapport à ces Sciences. Il a été beaucoup retouché en cette Edition, & quoique la matiére ſoit fort diverſifiée, on a lieu de préſumer qu'il n'intéreſſera pas moins les Lecteurs que les autres Livres de ce Traité. Les Machines Hydrauliques, les principes de l'Optique & les applications aſſez curieuſes de ces Principes ſont les principaux objets de ce Livre. On y a joint la Conſtruction de preſque toutes les différentes eſpéces de Verres, dont la plûpart ſont propres aux Lunettes d'approche ou Téleſcopes; les autres ſervent aux Expériences d'Optique qui ſe pratiquent le plus ordinairement; de même que celles des Verres & Miroirs ardens, dont on a auſſi indiqué les propriétés & les effets, &c. Ce Livre a quatre Planches gravées qui lui ſont particuliéres & qui ſervent à l'intelligence de tout ce qu'il contient.

Ce Traité finit par une Deſcription des principaux Outils qui ſervent à la Conſtruction des Inſtrumens de Mathématique.

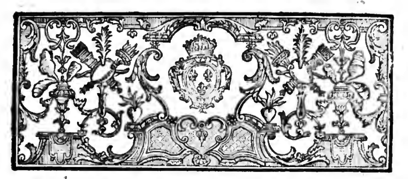
Pour ne pas multiplier mal-à-propos le nombre des Planches

de ce Traité, on a été obligé de les remplir presque toutes de beaucoup de Figures ; cependant elles ne laissent pas que de donner une idée assez nette & assez distincte de toutes les choses qu'elles représentent. On les a placé dans le corps de l'Ouvrage à la suite des discours qui traitent de ce qu'elles indiquent, & on les a fait sortir en dehors du Livre, afin qu'on puisse les avoir plus facilement sous les yeux.

Enfin le Frontispice de ce Traité est accompagné du Portrait de son premier Auteur, dont le mérite, j'ose le dire, sembloit devoir exiger de ma part cette foible marque de vénération & de reconnoissance. Il est représenté d'après un portrait peint par une habile main il y a environ 46 ans. C'est le Burin du fameux M. Larmessin Graveur du Roi & de l'Académie Royale de Peinture & de Sculpture, qui a parfaitement bien exécuté ce Portrait-ci. Il a bien voulu le faire en considération de l'amitié qu'il a eu pour ce célébre Artiste, & de l'estime singuliére qu'il conserve encore pour sa mémoire & pour ses Ouvrages. La même considération a porté l'illustre M. Roi à faire à notre Auteur l'heureuse application d'un Distique Latin tiré des *Fastes d'Ovide*, sur lequel il a composé les quatre vers François qui sont au bas de cette Gravure. Comme rien ne convient mieux au sujet que la découverte de ce Texte original, & que la Traduction du Poëte François, on s'est déterminé d'exposer l'un & l'autre sous les yeux du Lecteur.



DÉFINITIONS



DÉFINITIONS NÉCESSAIRES POUR L'INTELLIGENCE DE CE TRAITÉ.

Le Point est ce qui n'a aucunes parties, & qui par conséquent est indivisible. *Premiere Planche. Figure 1.*

La ligne est une longueur sans largeur, & c'est l'écoulement du point. Fig. 2.

Il y a de trois sortes de Lignes, la droite, la courbe & la mixte.

La Ligne droite est la plus courte de toutes celles qu'on peut tirer d'un point à l'autre. Fig. 2.

La Ligne courbe est celle qui ne va pas directement d'une de ses extrémités à l'autre, mais qui s'en écarte par un détour. Fig. 3.

La Ligne mixte est celle dont une partie est droite, & l'autre courbe. Fig. 4.

Les extrémités des Lignes sont des points.

Les Lignes comparées les unes aux autres suivant leurs positions ou situations, sont ou paralleles, ou perpendiculaires, ou obliques.

On appelle lignes paralleles celles qui conservent toujours entre elles une même distance, & qui étant prolongées de part & d'autre, ne se rencontrent jamais, soit que les lignes soient toutes deux droites, ou toutes deux courbes. Fig. 5.

Les Lignes perpendiculaires sont celles qui en se rencontrant ne s'inclinent pas plus d'un côté que d'autre; c'est pourquoi elles font deux angles égaux, & par conséquent tous deux droits. Fig. 6.

Les Lignes obliques sont celles qui en se rencontrant, forment des angles obliques & inégaux entre-eux, c'est-à-dire, aigus & obtus. Fig. 7.

Ces lignes prennent encore d'autres dénominations, comme sont celles qui suivent.

Fig. 8. La ligne à plomb ou verticale est celle qui passeroit par le centre de la terre si elle étoit continuée, comme feroit un fil auquel on auroit attaché un plomb, ou quelque autre chose de pesant.

Fig. 9. La ligne horizontale, ou de niveau apparent, est une ligne droite qui toucheroit la surface de la terre en un point, ou qui seroit paralléle à cette tangente.

La ligne du vrai niveau est celle qui a tous ses points également éloignés du centre de la terre, comme feroit la circonférence de la même figure.

La ligne finie est celle dont la longueur est déterminée.

La ligne indéfinie est celle dont la longueur est indéterminée.

Il y a encore des lignes occultes ou blanches qui se font avec la pointe du compas, ou plus proprement avec le crayon, parce qu'on le peut facilement effacer. Ces lignes ne doivent pas paroître, l'ouvrage étant achevé. Quand on les veut laisser pour faire voir de quelle maniere s'est faite l'opé-

Fig. 10. ration, on les marque de points, & pour-lors on les appelle lignes ponctuées, qu'on trace avec la roulette.

Les lignes qui doivent rester, qu'on nomme lignes apparentes, se tracent à l'encre avec le tire-ligne, si grosses & si fines qu'on veut, par le moyen de la vis ou de la coulisse qui est au tire-ligne.

Fig. 9. La ligne tangente ou touchante est une ligne qui touche une figure sans la couper, comme la ligne A B.

Fig. 9. La ligne sous-tendante ou corde, est celle qui joint les extrémités d'un arc, comme est la ligne C D.

Fig. 11. Arc est une partie de circonférence, comme D F E.

Le nombre des différentes espéces de lignes courbes est infini ; mais la plus simple, la plus réguliere & la plus aisée à tracer, est la circulaire.

Fig. 11. La ligne circulaire ou la circonférence du cercle est une ligne courbe, dont toutes les parties sont également éloignées d'un même point qui est au milieu, & qui est appellé centre du cercle.

Fig. 11. Les lignes droites, menées du centre à la circonférence, s'appellent rayons, ou demi-diametres, comme N O.

Les cordes qui passent par le centre du cercle, s'appellent diametres, comme M P.

Toute circonférence de cercle se conçoit divisée en 360 parties égales, qui se nomment dégrés.

Ce nombre de 360 a été choisi par les Géometres pour la division du cercle, parce qu'il se subdivise plus exactement qu'aucun autre en plusieurs parties égales sans reste : car, par exemple, la moitié de 360 est 180, le tiers est 120, le quart est 90, la cinquiéme partie est 72, la sixiéme est 60, la huitiéme est 45, la dixiéme est 36, la douziéme est 30, & ainsi de plusieurs autres parties aliquotes.

Chaque degré se divise en 60 parties égales, que l'on appelle minutes ; chaque minute en 60 secondes, & chaque seconde en 60 tierces, &c. & se marquent ainsi, 40 d. 35'. 49''. 57'''. ce qui signifie quarante degrés, trente-cinq minutes, quarante-neuf secondes, cinquante-sept tierces. Cette division sert à mesurer la grandeur des angles ; mais la subdivision en secondes & tierces n'est en usage que dans les grandes circonférences.

L'ouverture de deux lignes différentes qui se coupent ou se rencontrent en un point, se nomme angle.

Lorsque deux lignes se coupent ou se rencontrent sur un plan, l'angle qu'elles font s'appelle plan. Fig. 12.

Quand les lignes qui font l'angle plan, sont droites, l'angle est appellé rectiligne.

Si les deux lignes sont courbes, l'angle est nommé curviligne. Fig. 13.

Si l'une de ces lignes est courbe & l'autre droite, l'angle est nommé mixte ou mixtiligne, soit que la courbe soit en dedans ou en dehors. Fig. 14.

Les deux lignes qui forment cet angle sont appellées les côtés de l'angle.

Le point où les deux lignes se coupent ou se rencontrent, en est le sommet.

Lorsqu'on marque un angle avec trois lettres, celle du milieu marque le sommet, & les deux autres les deux côtés, & on dit l'angle B A C.

Qu'on prolonge les côtés d'un angle, ou qu'on en retranche, cela ne le fait ni plus grand ni plus petit. Ainsi la grandeur d'un angle ne se mesure pas par la grandeur de ses côtés. Fig. 12.

La mesure d'un angle rectiligne est la portion d'un cercle comprise entre les côtés égaux de cet angle, dont le sommet fait le centre du cercle. Il n'importe de quel intervalle, puisque les arcs des cercles, petits ou grands, compris entre les côtés A B, A C, sont d'un nombre égal de degrés. Fig. 15.

Si, par exemple, l'arc du petit cercle est de 60 degrés, qui fait la sixiéme partie de toute la circonférence, l'arc du grand cercle sera pareillement de 60 degrés, ou la sixiéme partie de la circonférence du grand cercle, & l'angle B A C sera de 60 degrés.

Ces arcs sont égaux en grandeur relative, par rapport aux cercles dont ils sont parties aliquotes égales; mais leur grandeur absolue est différente; car si, par exemple, la circonférence d'un cercle contient 360 pieds, chaque degré sera d'un pied; & si la circonférence d'un autre cercle contient 360 toises, chaque degré de ce cercle sera d'une toise.

Tout angle est droit, aigu ou obtus.

L'angle droit a pour sa mesure un arc de 90 degrés, qui est le quart de la circonférence du cercle. Fig. 16.

L'angle aigu a moins de 90 degrés. Fig. 17.

L'angle obtus a plus de 90 degrés. Fig. 18.

Des angles alternes. Une ligne droite qui coupe deux paralleles, fait les angles alternes égaux. L'angle D A E, est égal à l'angle B A C, puisqu'il lui est opposé au sommet. L'angle BAC est alterne de l'angle GFH, & par conséquent égal à ce dernier, qui est opposé au sommet de l'angle IFL. S'il y avoit plusieurs paralleles, on démontreroit la même chose, & tous les angles aigus seroient égaux aussi-bien que tous les angles obtus. Fig. M.

Aucun angle ne peur avoir pour sa mesure 180 degrés, qui font la demi-circonférence du cercle: car deux lignes ainsi écartées l'une de l'autre ne pourroient pas se couper, mais se rencontreroient directement, & ne feroient qu'une même ligne, qui feroit le diametre du cercle.

Le sinus d'un angle ou d'un arc est la moitié de la corde du même arc double; ainsi, par exemple, pour avoir le sinus de l'angle D A E, ou de l'arc D E, qui en est la mesure, ayant doublé l'arc E D, on aura l'arc E D F, dont la corde est E F, & sa moitié E H, est le sinus droit de l'angle D A E; la ligne D G est la tangente du même angle, & la ligne A G en est la sécante. Fig. 15.

Deux arcs qui font un cercle entier, n'ont qu'une même corde, car il eſt aiſé de voir que la ligne EF eſt auſſi-bien la corde du grand arc EBCF, que du petit arc EDF.

Par même raiſon, deux arcs qui font enſemble un demi-cercle, n'ont qu'un même ſinus droit ; ainſi la ligne EH eſt auſſi-bien le ſinus de l'angle obtus EAI, ou de l'arc EBI, qui en eſt la meſure, que de l'angle aigu EAD, ou de l'arc ED.

Il en eſt de même des tangentes & ſécantes.

Le ſinus de 90 degrés, qui eſt le rayon ou demi-diametre du cercle ; comme DA, eſt appellé ſinus total.

La ſurface ou ſuperficie eſt ce qui a longueur & largeur ſeulement. Elle eſt de deux ſortes, ſçavoir plane & courbe.

Fig. 19. La ſurface plane ou droite eſt celle à laquelle une ligne droite ſe peut appliquer de tout ſens, comme eſt, par exemple, le deſſus d'une table bien unie.

Fig. 20. La ſurface courbe eſt celle à laquelle une ligne droite ne peut s'appliquer en tous ſens. Il y en a de concaves & de convexes. Le dedans d'une calote eſt une ſurface concave, & le deſſus eſt une ſurface convexe.

Terme, eſt ce qui termine quelque choſe. Ainſi les points ſont les termes de la ligne, les lignes ſont les termes des ſurfaces, & les ſurfaces ſont les termes des corps.

La figure eſt ce qui eſt terminé de tous côtés.

Les figures terminées par un ſeul terme ſont les cercles & les ellipſes ou ovales, leſquelles ſont terminées par une ſeule ligne courbe.

Fig. 21. Les figures terminées par pluſieurs termes ou lignes ſont le triangle ou trigône, qui a trois côtés & trois angles.

Fig. 22. Le quarré ou quadrilatère qui en a quatre. Le pentagone cinq. L'exagone ſix. L'eptagone ſept. L'octogone huit. L'enneagone neuf. Le décagone dix. L'endécagone onze. Le dodécagone douze. La figure de 1000. côtés ſe nomme chiliogone. Celle de 10000. côtés ſe nomme myriogone.

Fig. 23. & 24.

On parlera ci-après plus au long de ces polygones, en traitant de leur conſtruction.

Toutes les ſuſdites figures, & celles qui ont encore plus de côtés, ſe nomment auſſi polygones, d'un mot général, qui ſignifie figures de pluſieurs angles ; & pour les diſtinguer, on ajoûte le nombre des côtés ; comme, par exemple, un décagone ſe peut appeller un polygone de dix côtés ; un dodécagone s'appelle auſſi un polygone de douze côtés, & ainſi des autres.

Les figures dont les côtés & les angles ſont égaux, comme celles ci-devant, ſe nomment polygones réguliers.

Celles dont les angles ou les côtés ſont inégaux, ſe nomment polygones ré guliers.

Les triangles ſe diſtinguent, ou par leurs côtés, ou par leurs angles.

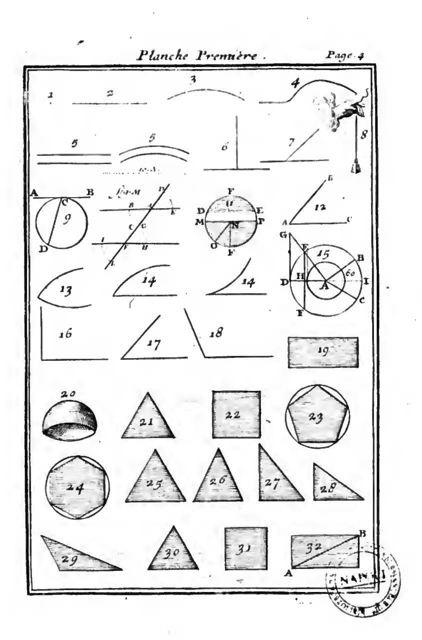
Fig. 25. Ayant égard à leurs côtés ; celui qui a les trois côtés égaux ſe nomme triangle équilateral, & il eſt auſſi équiangle.

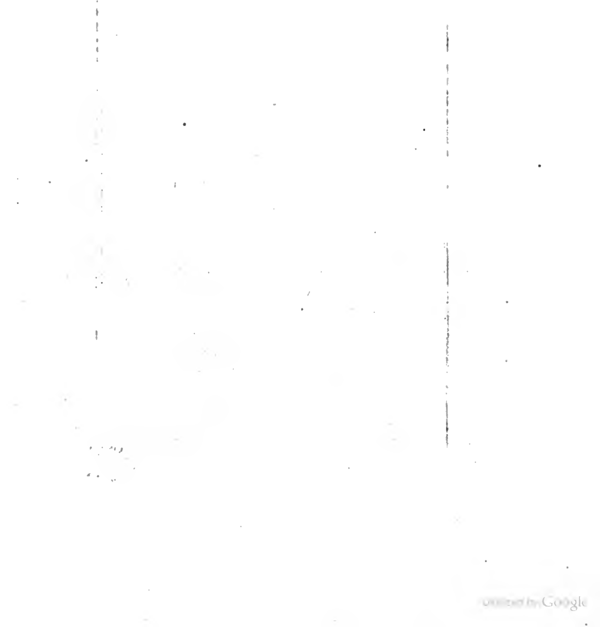
Fig. 26. Celui qui a ſeulement deux côtés égaux ſe nomme triangle iſoſcéle.

Fig. 27. Et celui qui a les trois côtés inégaux s'appelle triangle ſcalene.

Fig. 28. Ayant égard à leurs angles, le triangle qui a un angle droit ſe nomme rectangle, & le côté oppoſé à l'angle droit, ſe nomme hypoténuſe.

Fig. 29. Celui qui a un angle obtus ſe nomme obtuſangle, ou amblygone.


1
2
3
4
5
5
6
7
8
A
B
C
9
D
F
E
M
P
N
O
12
G
15
B
60
D
H
A
I
C
13
14
14
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
B
A



Celui qui a tous les angles aigus se nomme acutangle, ou oxygone. Fig. 30.

Les quadrilatères ou figures de quatre côtés, reçoivent aussi différens noms.

Si les côtés opposés sont paralléles, le quadrilatère est appellé d'un nom général parallélogramme.

Si le parallélogramme a les quatre côtés égaux, & les quatre angles droits, on l'appelle quarré. Fig. 31.

Si tous les côtés ne sont pas égaux, mais que les quatre angles soient droits, on l'appelle quarré-long, parallélogramme rectangle, ou simplement rectangle. Fig. 32.

La ligne tirée dans un parallélogramme d'un angle à l'autre qui lui est opposé, se nomme diagonale, comme la ligne AB, même figure.

Si les quatre côtés sont égaux, & que les angles opposés soient aussi égaux, mais non droits, on l'appelle rhombe ou lozange.

Si des quatre côtés les deux opposés sont égaux, & les angles opposés aussi égaux, mais non droits, le quadrilatère est appellé rhomboïde. II. Planche. Fig. 1.

Ainsi le quarré est équilatèral & équiangle. Le quarré-long est équiangle & non équilatèral. Le rhombe est équilatèral & non équiangle: & le rhomboïde n'est ni équilatèral, ni équiangle. Fig. 2.

Tout quadrilatère, dont les côtés opposés ne sont ni paralléles ni égaux, se nomme trapèze. Fig. 3.

Le cercle est une figure plane, bornée par le contour d'une ligne courbe, qu'on nomme circonférence, laquelle est également éloignée du point du milieu, appellé centre. Fig. 4.

Le demi-cercle est une figure terminée par le diametre & la demi-circonférence. Fig. 5.

Portion, ou segment de cercle, est une figure comprise d'une partie de circonférence, & d'une corde plus petite que le diametre. Il y a le grand & le petit segment. Fig. 4.

Secteur de cercle est une figure faite d'une partie de cercle terminé par deux rayons ou demi-diametres, qui ne font pas même une ligne droite. Il y a le grand & petit secteur. Fig. 6.

L'éllipse, ou ovale, est une figure plus longue que large, comprise sous une seule ligne courbe, dans laquelle les deux plus grandes lignes qu'on puisse tirer à angles droits, s'appellent les axes de l'ellipse; la plus grande ligne s'appelle le grand axe, & l'autre le petit axe. Le centre de l'ellipse est le point où ces deux axes se coupent. Fig. 7.

On appelle figures concentriques celles qui ont un même centre. Fig. 8.

Figures excentriques sont celles qui n'ont pas même centre. Fig. 9.

Figures semblables sont celles qui ont les angles égaux chacun à chacun, c'est-à-dire, que chaque angle d'une figure est égal à chaque angle qui lui correspond dans l'autre figure, & pour lors les côtés d'une figure sont proportionnés aux côtés de l'autre; de sorte que si le côté *a b* est la moitié ou le tiers du côté A B, tous les autres côtés de la petite figure *a b c d* seront pareillement moitié ou tiers des côtés de la grande figure A B C D. Les côtés qui se répondent dans la proportion se nomment homologues; ainsi le côté A B de la grande figure, & le côté *a b* de la petite, sont côtés homologues. Fig. 10.

Figures égales sont celles qui contiennent également; c'est-à-dire, qui contiennent un nombre égal de quantités égales.

Il y a des figures qui sont égales & semblables.

D'autres sont égales & non semblables.

D'autres enfin sont semblables & non égales.

Fig. 11. Figures isoperimetres sont celles dont le circuit est égal ; ainsi, par exemple, le triangle ABC, & le quarré ABCD, font figures isoperimetres ; puisque chaque côté du triangle étant 8, son circuit est 24, & chaque côté du quarré étant 6, son circuit est aussi 24 parties égales à celles qui font le circuit du triangle.

Corps ou solide est ce qui a longueur, largeur & profondeur.

Fig. 12. Sphère, globe ou boule, est un solide fait par le mouvement entier d'un demi-cercle à l'entour de son diametre immobile, qui s'appelle axe, ou aissieu de la sphère.

Fig. 13. Sphèroïque est un solide fait par le mouvement entier d'une demi-ellipse, à l'entour d'un de ses axes, qui s'appelle axe ou aissieu du sphèroïde.

Fig. 14. La Pyramide est un solide compris par plusieurs plans triangulaires, se rencontrant en un même point, & ayant un polygone pour base.

Fig. 15. Cône est une espéce de pyramide qui a un cercle pour base Il est fait par le mouvement entier d'un triangle rectangle ; à l'entour de l'un des côtés qui forme l'angle droit, lequel côté est l'axe du cône droit.

Fig. 16. Cylindre est un solide qui a deux cercles pour bases : il est fait par le mouvement circulaire d'un parallelogramme à l'entour d'un de ses côtés, lequel se nomme axe du cylindre.

Fig. 17. Prisme est un solide qui a pour bases deux plans paralleles, semblables & égaux ; quand ces deux plans paralleles sont des triangles, il se nomme prisme triangulaire.

Fig. 18. Quand les deux bases du prisme sont des parallelogrammes, il se nomme parallélipipede.

Si les côtés de ces corps sont perpendiculaires à la base, on les appelle droits ou isosceles.

S'ils sont inclinés, on les appelle obliques ou scalenes.

Corps régulier est celui qui est compris de figures régulieres & égales ; & duquel tous les angles solides sont égaux.

Angle solide est la rencontre de plusieurs plans qui aboutissent en un point, comme est, par exemple, la pointe d'un diamant.

Il faut au moins trois plans pour faire un angle solide.

Il y a cinq sortes de corps réguliers représentés dans la même planche avec leurs dévelopemens ; sçavoir :

Fig. 19. Le tétraedre compris sous quatre triangles égaux & équilateraux, c'est une pyramide triangulaire qui a sa base égale à ses faces.

Fig. 20. L'hexaedre ou cube compris de six quarrés égaux.

Fig. 21. L'octaedre compris sous huit triangles égaux & équilateraux.

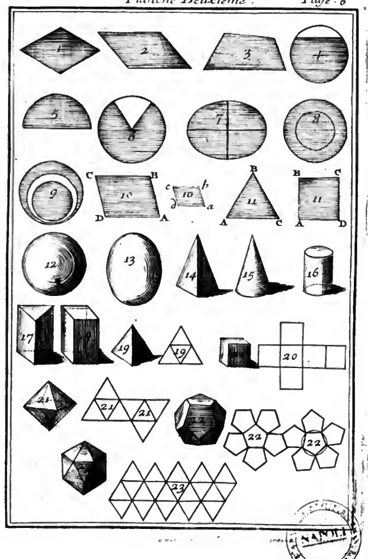
Fig. 22. Le dodécaedre terminé de douze pentagones égaux & équilateraux.

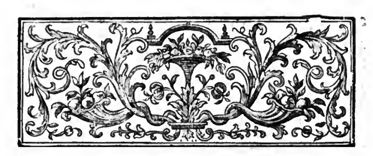
Fig. 23. L'isosaedre compris & terminé par vingt triangles égaux & équilateraux.

Les dévelopemens marqués à côté de ces cinq corps réguliers font voir la maniere de les tracer sur du cuivre ou carton, afin de les découper, & ensuite les rejoindre pour en former lesdits corps.

Tous les autres solides se peuvent appeller du nom général polyedres, qui signifie corps terminés de plusieurs surfaces.

Si dans la suite de ce discours il se trouve quelque chose dont la définition ne soit pas ici comprise, il sera défini & expliqué en son lieu.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
C
B
D
A
10
c
b
a
10
B
A
C
11
B
C
A
D
11
12
13
14
15
16
17
19
19
20
21
21
21
22
22
22
23



CONSTRUCTION ET USAGE DES INSTRUMENS DE MATHÉMATIQUES.

LIVRE PREMIER.

Des INSTRUMENS les plus ordinaires ; comme sont le Compas, la Régle, le Tire-ligne, le Porte-crayon, l'Equerre & le Rapporteur.

CHAPITRE PREMIER,

De la Construction & des Usages du Compas, de la Régle, du Tire-ligne, & du Porte-crayon.



L y a plusieurs sortes de Compas, dont nous parlerons plus amplement dans la suite ; mais celui dont nous allons donner les usages dans ce Chapitre, est le Compas ordinaire. Il s'en fait de deux sortes ; sçavoir, des Compas simples qui n'ont que deux pointes fixes, & d'autres qui changent de pointes : les uns & les autres de differéntes grandeurs ; mais l'ordinaire est depuis trois pouces jusqu'à six de longueur. A ceux qui changent de pointes, on en met une pour tracer à l'encre, une pour tracer au crayon, & quelquefois une autre où il y a une roulette pour tracer des lignes ponctuées. *III. Planche. Fig. A.*

La bonté d'un compas consiste principalement en ce que le mouvement de sa tête soit bien égal, & qu'il ne saute point en l'ouvrant ou le fermant, que les charnieres soient bien ajustées ; que le corps en soit limé, plat & bien poli ; & enfin que les pointes d'acier soient bien jointes & bien égales. Les figures A donneront l'idéede ces sortes de compas, dont nous expliquerons les constructions au Livre III.

Fig. B. Les régles, soit de cuivre ou de bois, doivent être parfaitement droites en tous sens : on se sert pour les dresser de lime & d'un rabot, dont la semelle de dessous soit d'acier ; comme aussi d'une autre régle bien droite, qu'on frotte l'une contre l'autre par l'épaisseur. Il y a un bizeau à un des bords, afin que l'encre ne salisse point le papier ; quand on tire des lignes à l'encre, elles doivent être un peu épaisses.

Pour connoître si une régle est bien droite, tracez une ligne sur du papier, & retournez ladite régle bout pour bout ; si la ligne tracée convient justement le long de la régle, c'est une marque qu'elle est bien droite.

Fig. C. Le tire-ligne est fait de deux lames d'acier jointes ensemble, & attachées au bout d'un balustre, à l'autre bout duquel est un porte-crayon ; les lames doivent être évidées en dedans, afin que l'encre s'y puisse mettre avec une plume ; elles se joignent par les pointes qui doivent être bien égales. Il y a un petit coulant qui sert à ouvrir & fermer plus ou moins le tire-ligne pour tracer les lignes fines ou grosses selon le besoin.

Le porte-crayon doit être bien égal de grosseur par-tout, & fendu bien droit par le milieu avec une scie bien mince ; on le courbe vers le bout, afin qu'on puisse serrer le crayon par le moyen d'un petit anneau, qui doit être tourné bien juste.

USAGE PREMIER.

Diviser une Ligne droite en deux également.

De la III. Planche. Fig. 1. SOit la ligne donnée A B, laquelle il faut diviser en deux parties égales. Du point A, comme centre ou des extremités de la ligne, décrivez l'arc de cercle CD d'une ouverture de compas prise à volonté, plus grande ou plus petite que A B, mais cependant plus grande que la moitié de ladite ligne. Décrivez aussi de l'autre extremité B, & de la même ouverture de compas l'arc de cercle E F, coupant le premier arc déja décrit aux points G H, posez la régle sur ces deux intersections, & tirés la ligne G H, elle divisera la ligne A B en deux parties égales.

Remarquez que ces deux arcs ne pourroient pas s'entrecouper si les ouvertures de compas n'étoient plus grandes que la moitié de la ligne donnée.

USAGE II.

Sur une Ligne droite & d'un point donné, élever une Perpendiculaire.

Fig. 2. SOit la ligne droite donnée AB, & le point donné C, sur lequel il faut élever une perpendiculaire.

Du point donné C, marquez avec le compas sur la ligne donnée les distances

distances égales C A, C B, des points A & B, & d'une ouverture de compas à volonté, mais plus grande que chacune desdites distances, décrivez les arcs D E, F G, s'entrecoupans au point H, tirez la ligne H C, elle sera perpendiculaire sur A B.

Si le point donné C étoit à l'extrémité de la ligne, décrivez de ce point, comme centre, un arc de cercle à la volonté, sur lequel vous porterez deux fois la même ouverture de compas; sçavoir, de B en D, & de D en E. Des points D & E faites deux autres arcs de cercle s'entrecoupans au point F, & mettant la régle sur les points F & C, tirez la ligne F C, laquelle sera perpendiculaire sur l'extrémité de la ligne C B. Fig. 3.

S'il manquoit d'espace pour prendre la grandeur D E, divisez en deux également l'arc B D au point G, & portez la moitié D G de D en H, la ligne H C sera perpendiculaire.

Ou bien ayant tiré par les points B & D la ligne indéfinie B D F, faites la partie D F, égale à B D, & tirez la perpendiculaire F C. Fig. 4.

Ou bien encore ayant choisi le point P à volonté, au-dessus de la ligne donnée dudit point & de l'intervalle P C, décrivez l'arc B C D, tirez la ligne B P, & prolongez-la jusqu'à ce qu'elle coupe ledit arc au point D. De ce point D au point C, tirez la perpendiculaire D C. Fig. 5.

USAGE III.

Abaisser une perpendiculaire sur une ligne donnée d'un point hors de ladite ligne.

Soit le point donné C, duquel il faut abaisser une perpendiculaire sur la ligne A B. Fig. 6.

Du point C comme centre, décrivez un arc de cercle qui coupe la ligne A B en deux points D E; de ces points D & E, faites la section F, & mettant la régle sur les points C & F, tirez la perpendiculaire C G.

On peut faire la section F au-dessus ou au-dessous de la ligne donnée; mais il est bon qu'elle soit au-dessous, parce que les points C & F étant éloignés, on tire plus justement la perpendiculaire que s'ils étoient proches.

Que si la portion de cercle décrite du point C ne coupe pas la ligne A B en deux points, il faudra continuer la ligne, s'il se peut, sinon il faudra se servir de la derniere méthode ci-devant rapportée pour élever une perpendiculaire à l'extrémité d'une ligne; car dans la même figure 5, supposé qu'on veuille abaisser une perpendiculaire du point D sur la ligne C B, tirez à volonté la ligne D B, divisez-la en deux également au point P; de ce point comme centre & de l'intervalle P D, décrivez l'arc DCB, coupant la ligne A B au point C; posez la régle sur les points C & D, & tirez la ligne C D, elle sera la perpendiculaire requise.

Autrement. Soit la ligne A B & le point donné C hors icelle, duquel il faut abaisser une perpendiculaire. Prenez les deux points 1 & 2 à volonté sur ladite ligne A B; puis des points 1 & 2, & des intervalles 1 C & 2 C, décrivez des arcs de cercle qui s'entrecouperont en deux points; sçavoir, une fois au point C, & l'autre fois au point D, au-dessous de la ligne: posez la régle sur les deux intersections, & tirez une ligne qui sera perpendiculaire sur la ligne A B. Fig. 7.

USAGE IV.

Couper un angle rectiligne en deux également.

Fig. 8. SOit A C B l'angle qu'il faut couper en deux angles égaux.

Du point C, comme centre, décrivez l'arc D E à volonté : des points D & E décrivez deux arcs qui se couperont au point F, du point F par le point C tirez la ligne F C, elle divisera l'angle proposé en deux également.

Si on vouloit diviser en trois l'angle A C B, il faudroit diviser l'arc D E en trois également en tâtonant, pour ainsi dire, avec le compas ; puisque la trisection de l'angle par des lignes droites n'a point encore été trouvée géométriquement.

USAGE V.

Sur un angle donné élever une ligne droite qui n'incline pas plus d'un côté que de l'autre.

Fig. 8. FAites la même opération que dessus, & prolongez la ligne F C G.

USAGE VI.

Sur une ligne droite donnée & d'un point pris en icelle, faire un angle égal à un angle donné.

Fig. 9. SOit A B la ligne donnée, & A le point donné, duquel il faut faire un angle égal à l'angle E F G.

Du point F comme centre, décrivez une portion de cercle ; de la même ouverture de compas décrivez du point A une semblable portion ; prenez avec le compas la grandeur de l'arc E G, & portez cette ouverture sur l'arc B C pour le faire égal ; par les points A & C tirez la ligne A C, l'angle B A C sera égale à l'angle E F G.

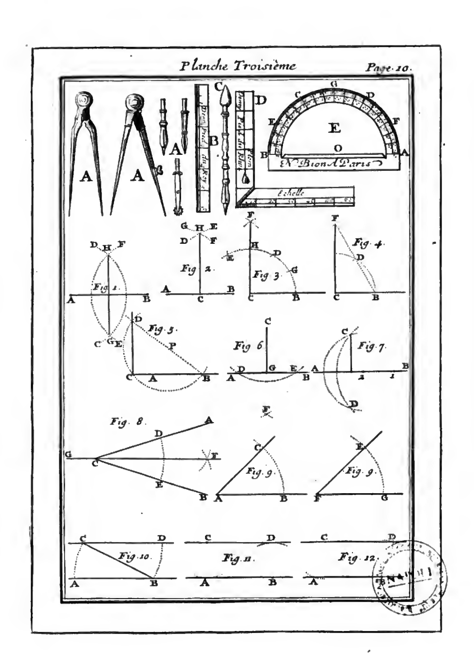
USAGE VII.

D'un point donné mener une ligne parallele à une ligne donnée.

Fig. 10. SOit A B la ligne donnée, & C le point par lequel il faut mener une ligne qui soit parallele à A B.

Du point C, comme centre, & d'une ouverture de compas prise à volonté, faites l'arc D B qui coupera la ligne donnée au point B : dudit point B, comme centre, & de la même ouverture de compas faites l'arc C A ; prenez avec un compas l'ouverture de l'arc C A, & la portez de B en D, pour faire ces deux arcs égaux. Par les points C & D tirez la ligne C D, elle sera parallele à A B.

Fig. 11. Autrement, du point C comme centre, décrivez un arc qui touche la ligne donnée, & d'un autre point pris à volonté sur la ligne A B, décrivez


Echelle
N. Bion A Paris
Fig. 1.
Fig 2.
Fig 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig 6
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.



avec la même ouverture l'arc D; par le point C tirez une ligne touchant l'arc D, la ligne C D sera parallele à la ligne A B.

Mais comme on ne voit pas bien où est le point touchant, on pourra se servir de la maniere suivante qui est la meilleure.

Du point donné C comme centre, & d'une ouverture de compas à volonté, décrivez un arc qui coupera la ligne A B au point A. Fig. 12.

Et d'un autre point comme B sur ladite ligne, faites un autre arc de la même ouverture de compas que le précédent; ouvrez le compas de la distance A B, & du point C comme centre faites un arc de cercle qui coupera le précédent au point D, par les points C & D tirez une ligne, elle sera parallele à A B.

USAGE VIII.

Diviser une ligne donnée en tant de parties égales qu'on voudra.

LA ligne donnée soit A B, qu'il faut diviser en 8 parties égales. Tirez à volonté la ligne B C, faisant un angle avec la ligne A B, tirez aussi la ligne A D parallele à B C, mettez sur B C, 8 parties égales de telle grandeur qu'il vous plaira, portez les mêmes parties sur la ligne A D, & des divisions de l'une à l'autre tirez des lignes, elles diviseront la ligne A B en 8 parties égales. IV. Planche Fig. 1.

Autrement, tirez une ligne *a b*, parallele à A B proposée à diviser; marquez sur cette ligne *a b*, 8 parties égales à discretion: par les extrémités de ces deux paralleles tirez deux lignes, lesquelles formant un triangle s'entrecoupent au point C, duquel point C tirant des lignes aux divisions faites sur la ligne *a b*, elles couperont l'autre ligne A B en autant de parties égales. Fig. 2.

Cette division de ligne sert à faire des échelles de plans; car s'étant proposé la ligne A B pour en faire une échelle de 80 parties ou 80 toises, chaque partie de cette ligne divisée en 8, contiendra 10 toises; mais comme il seroit difficile de diviser chacune desdites parties en 10, il faut des extrémités de la ligne A B élever des perpendiculaires A D, B C, sur lesquelles il faut mettre 10 parties à volonté, & de ces parties tirer des lignes paralleles à la ligne A B; on mettra sur la ligne D C les mêmes divisions de la ligne A B, & on tirera des lignes transversales A E, 10 F, 20 G, & ainsi des autres. Fig. 3.

On prendra facilement autant de toises qu'on voudra sur cette échelle. Par exemple, si on veut en avoir 23 toises, on prendra la rencontre de la transversale 20 G avec la 3 parallele qui est au point Z, & la grandeur Z 3 sera de 23 toises; si on veut avoir 58 toises, on prendra la rencontre de la transversale 50 H avec la 8 parallele qui est Y, & la grandeur Y 8, représentera 58 toises, & ainsi des autres: on pourroit mettre sur cette échelle les pieds faisant les lignes paralleles plus éloignées les unes des autres, & si elles étoient assez éloignées pour être encore subdivisées en 12 parties, on y prendroit les pouces.

Pour diviser une très-petite ligne en grand nombre de parties, comme en 100, ou en 1000 parties égales, Soit, par exemple, proposée la ligne A D qu'il faut diviser en 1000. Fig. 4.

Des extrémités A D élevez les perpendiculaires A B, D C, portez sur ces perpenduculaires 10 parties égales; tirez par ces divisions autant de lignes paralleles à A D, divisez les lignes A D, B C chacune en 10 parties égales, que vous joindrez par autant de perpendiculaires : subdivisez ensuite la premiere distance A E & sa parallele B F en 10 autres parties que vous joindrez par des transversales ou lignes obliques tirées d'un intervalle de division comme du point E au point 1, & ainsi des suivantes.

Par ce moyen cette premiere distance A E se trouvera divisée en 100 parties égales; c'est pourquoi on continuera d'écrire les chifres 200, 300, 400, 500, &c. jusqu'à 1000 au-dessus & au-dessous de ladite échelle, qui sera divisée en 1000 parties égales, comme l'on voit en la figure 4. On nomme ordinairement cette régle échelle de dixme.

Pour s'en servir & y prendre telle partie qu'on voudra, il faut faire comme il a été dit au sujet de l'échelle représentée en la figure précédente. Nous parlerons encore de cette échelle de 1000 parties dans le Chapitre du Compas de proportion.

Il se fait aussi des échelles simples des sinus, des tangentes & sécantes sur des régles de cette maniére.

Fig. 6. Par exemple, si de tous les dégrés du quart de cercle I F, à commencer du point I, on abaisse des perpendiculaires sur le rayon A I, ces perpendiculaires seront les sinus de tous ces dégrés, dont le plus grand sera le rayon du cercle ou sinus total A F, & les longueurs de tous ces sinus se pourront marquer sur le rayon A F, pour en faire une échelle, à commencer depuis le point A; ainsi les sinus D K sont marqués depuis A jusqu'en G, &c.

Et si l'on prolonge la tangente I E indéfiniment vers E, & que du centre A on tire des lignes comme A E par tous les dégrés du quart de cercle jusqu'à la tangente I E prolongée, ces lignes seront les sécantes de tous les dégrés, & on verra évidemment que la moindre de toutes les sécantes est plus grande que le rayon A I. Il est aussi évident que toutes le tangentes I E de tous les dégrés sont terminées par leurs sécantes A E le long de la ligne I E, qui sera pour lors l'échelle des tangentes, & c'est de cette maniere qu'on pourra faire ces échelles simples de sinus, tangentes & sécantes, en transportant avec un compas sur une régle, toutes ces distances.

Les tables des sinus, tangentes & sécantes sont faites sur ce principe. Le rayon du cercle ou sinus de l'angle droit est supposé divisé en 10000 parties égales, & l'on a calculé combien de ces mêmes parties sont contenuës à proportion dans tous les sinus droits, dans les tangentes & dans les sécantes de tous les angles de minute en minute, depuis une minute jusqu'à 90 dégrés; & l'on a mis ces nombres par ordre, & c'est ce qu'on appelle les tables de sinus, tangentes & sécantes que vous trouverez page 263.

Les logarithmes sont des nombres en progression arithmetique que l'on fait répondre à d'autres nombres en progression géométrique, dont ils sont les logarithmes, comme le marquent les deux progressions suivantes.

Prog. géom. nomb. 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 256, &c.

Prog. arith. logarith. 0 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, &c. & les logarithmes ont été inventés pour abréger les multiplications par de simples additions, & les divisions par de simples soustractions. Voyez en les exemples page 332.

où le 2me terme des analogies eſt ajouté au 3me, & de leur ſomme ſouſtrait le premier, pour avoir au quotien le logarithme 4me, cherché au lieu que par les nombres naturels on multiplie le 2me terme par le 3me & le produit eſt diviſé par le premier pour avoir au quotien le 4me cherché. On épargne donc par les logarithimes un travail infini, principalement les calculs aſtronomiques.

Pour avoir la racine quarrée d'un nombre naturel, diviſez ſon logarithme en deux, la moitié ſera le logarithme d'un nombre naturel qui ſera la racine quarrée qu'on cherche, & le tiers du logarithme d'un nombre naturel ſera le logarithme de ſa racine cubique.

L'uſage de ces tables eſt expliqué dans les livres des tables de ſinus, tangentes, ſécantes & logarithmes.

USAGE IX.

Oter d'un ligne donnée telle partie qu'on voudra.

SOit A B, la ligne donnée de laquelle il faut retrancher la quatriéme partie. Tirez la ligne indéfinie A C, faiſant un angle avec la ligne A B, portez ſur la ligne A C quatre parties à diſcrétion; de la derniere diviſion tirez la ligne B 4, & tirez enſuite la ligne 1 D, parallele à B 4, A D ſera la quatriéme partie de A B. Fig. 5.

USAGE X.

Mener une ligne droite qui touche le cercle par un point donné.

SI le point donné B touche la circonférence du cercle, tirez le crayon A B, & du point B élevez la perpendiculaire B C qu'il faut prolonger, elle ſera tangente au cercle. Fig. 6.

Mais ſi le point donné B étoit hors le cercle, tirez du centre A au point donné B une ligne droite, que vous diviſerez en deux également au point D, duquel comme centre & intervalle B D décrivez un demi-cercle qui coupera le cercle au point E, tirez B E, elle ſera tangente. Fig. 7.

Mais ſi le cercle étant donné avec une ligne qui le touche, on cherche le point d'attouchement, du centre du cercle abaiſſez la perpendiculaire A B ſur la touchante, le point où elle la coupera ſera celui d'attouchement. Fig. 8.

USAGE XI.

Sur une ligne droite donnée, décrire une ligne ſpirale qui faſſe autant de révolutions qu'on voudra.

SOit la ligne donnée A B, ſur laquelle on veut décrire une ſpirale qui faſſe trois révolutions: diviſez premiérement cette ligne en douze parties égales au point C, duquel point comme centre décrivez un demi-cercle dont le diametre ſoit toute la ligne donnée A B; diviſez enſuite le demi-diametre A C en trois également aux points D E, & du même centre C tracez du même côté deux autres demi-cercles paſſans par les points des diviſions D E, ſubdiviſez encore l'eſpace C E en deux également au point Fig. 9.

F, duquel point comme centre décrivez de l'autre côté de la ligne trois autres demi-cercles, & la spirale de trois révolutions sera achevée. Si l'on veut que la ligne spirale fasse quatre révolutions, il n'y a qu'à diviser en quatre le demi-diametre A C.

USAGE XII.

Sur une ligne droite donnée décrire un triangle équilateral.

Fig. 10. SOit A B la ligne donnée sur laquelle il faut faire un triangle équilateral. Du point A pour centre & de l'intervalle A B, décrivez un arc de cercle: du point B pour centre & de l'intervalle B A, décrivez un autre arc de cercle qui coupera le précédent au point C; tirez les lignes C A, C B, le triangle A B C sera équilateral.

Fig. 11. Pour décrire un triangle isoscele sur la ligne A B, il faut ouvrir le compas plus grand que toute la ligne, ou plus petit, & faire le reste comme ci-devant.

USAGE XIII.

Faire un triangle égal & semblable à un autre triangle proposé.

Fig. 12. SOit le triangle donné A B C, auquel il en faut faire un semblable comme D E F.

Fig. 13. Faites la ligne D E égale à A B; du point D pour centre & pour rayon A C décrivez un arc; du point E pour centre & pour rayon B C décrivez un autre arc qui coupera le précédent au point F, tirez les lignes D F, E F, & le triangle sera égal & semblable au triangle proposé.

USAGE XIV.

Sur une ligne donnée, faire un triangle semblable à un autre, sans qu'il lui soit égal.

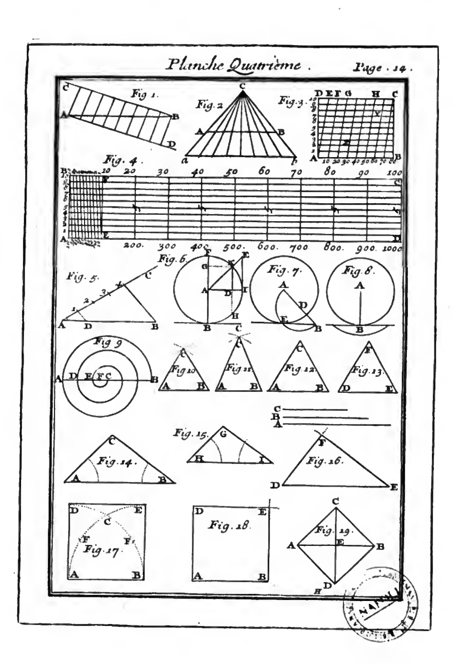
Fig. 14. SOit la ligne donnée H I, sur laquelle il faut faire un triangle semblable, mais non égal au triangle A B C.

Fig. 15. Faites l'angle H égal à l'angle A, & l'angle I égal à l'angle B; tirez les lignes H G, I G jusqu'à ce qu'elles se rencontrent, le triangle H I G sera le requis.

USAGE XV.

Faire un triangle de trois lignes droites égales à trois lignes données, dont les deux plus courtes prises ensemble soient plus longues que la troisiéme.

Fig. 16. SOient les trois lignes droites proposées A, B, C. Faites la ligne droite D E égale à la ligue A, du point E pour centre & pour rayon la grandeur de la ligne B, décrivez une portion de cercle; pareillement de D comme centre, & pour rayon la grandeur de la ligne C, décrivez une autre portion de cercle, coupant la premiere au point F, tirez les lignes droites F D, F E, & le triangle D F E sera le proposé.


Planche Quatrième. Page. 14.
Fig. 1.
Fig. 2
Fig. 3.
Fig. 4.
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
200. 300 400 500. 600. 700 800. 900. 1000
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig 9
Fig 10
Fig 11
Fig. 12
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.

USAGE XVI.

Sur une ligne droite donnée, décrire un quarré.

Soit la ligne droite donnée A B, ſur laquelle il faut décrire un quarré, dont A B ſoit un côté. Du point A pour centre, & A B pour rayon, décrivez l'arc B D, & du point B l'arc A E, s'entrecoupant au point C. Diviſez l'arc C A, ou C B en deux également au point F. Faites les intervalles C E & C D égaux à C F; tirez les lignes A D, B E, D E, le quarré ſera fait. Fig. 17.

Autrement : ſur l'extrémité de la ligne A B, élevez la perpendiculaire A D égale à A B, du point D pour centre, & de la grandeur A B, faites un arc; du point B, & de la même ouverture de compas faites un autre arc, coupant le premier au point E, tirez les lignes A D, D E & E B, le quarré ſera achevé. Fig. 18.

Dans la pratique précédente la ligne A B a été donnée pour être le côté d'un quarré; mais ſi on propoſoit cette ligne pour en être la diagonale, il faudroit la diviſer en deux également par la perpendiculaire C D, faire les parties E C, E D égales à A E & B E, & tirer les quatre lignes A C, C B, B D, & D A. Fig. 19.

On donnera dans les uſages du rapporteur & du compas de proportion des manieres de conſtruire les polygones réguliers ſur une ligne donnée, parce que la pratique en eſt plus facile. Mais en attendant, voici une méthode générale où il n'eſt beſoin que du ſimple compas & de la régle.

USAGE XVII.

Inſcrire dans un cercle tel polygone régulier qu'on voudra.

Soit propoſé pour exemple à faire un pentagone; ſi le cercle eſt donné, diviſez ſon diametre A B en cinq parties égales par l'uſage 8; mais s'il n'eſt pas donné, tirez au crayon une ligne indéfinie, pour ſervir de diametre, laquelle étant diviſée en cinq parties égales, ouvrez le compas de toute la grandeur du diametre, pour décrire deux arcs qui s'entrecoupent au point C, comme pour former un triangle équilateral; puis ayant tracé un cercle autour de ce diametre, mettez la régle ſur ledit point C, & ſur le ſecond point de diviſion du diametre, pour tirer une ligne qui coupera la circonférence du cercle au-deſſous du diametre au point D, l'arc A D ſera à peu près la cinquiéme partie de ladite circonférence; c'eſt pourquoi l'ouverture A D diviſera le cercle en cinq également, & tirant cinq lignes droites, on aura le pentagone propoſé. V. Planche Fig. 1.

Cette méthode eſt générale pour faire toutes ſortes de polygones réguliers; car pour faire, par exemple, un eptagone, il n'y a qu'à diviſer en ſept le diametre A B, c'eſt-à-dire, en autant de parties, que la figure doit avoir de côtés, & tirer toujours la ligne du point C par le ſecond point de diviſion du diametre.

Pour ce qui eſt de l'exagône, la conſtruction en eſt plus ſimple, puiſ-

que, sans aucune préparation, le rayon ou demi-diametre du cercle divise la circonférence en six parties égales.

Pour le dodécagone, il n'y a qu'à subdiviser en deux parties égales l'arc de l'exagone.

De même, pour le décagone, il faut diviser en deux l'arc du pentagone.

Ce problême est à peu-près le même que celui qui est décrit au Chapitre 17 du *premier Livre des Fortifications* du Chevalier de Ville, excepté que pour diviser le cercle, il tire une ligne de l'angle extérieur du triangle équilateral par le premier point de division du diametre, & qu'ensuite il double l'arc du cercle ; mais par ce moyen il s'éloigne davantage de l'exactitude : car, par exemple, en la description du pentagone, l'angle du centre est trop grand de quarante-quatre minutes, à l'eptagone il est trop grand d'un dégré cinq minutes; & ainsi l'erreur s'augmente aux polygones qui ont plus de côtés : au lieu que faisant passer cette ligne par le second point de division du diametre, l'angle au centre du pentagone n'est trop petit que d'environ deux minutes; & à l'eptagone, il est trop grand de six minutes, qui sont des erreurs beaucoup moindres, & presqu'insensibles dans l'inscription de ces polygones.

USAGE XVIII.

Par trois points donnés faire passer la circonférence d'un cercle, pourvû qu'ils ne soient pas en ligne droite.

Fig. 2. Soient les trois points donnés A, B, C; du point A au point B tirez une ligne, & du point B au point C une autre : divisez-les en deux également par les lignes D E, F G, lesquelles se rencontreront au point H, qui sera le centre du cercle : du point H pour centre, & de l'intervalle H A, ou H B, H C, décrivez le cercle.

Par cette méthode on acheve une circonférence commencée, en y prenant trois points, comme seroient les trois points A, B, C, & faisant le reste comme ci-devant.

USAGE XIX.

Trouver le centre d'un cercle.

Fig. 3. Soit le cercle donné A B C D, duquel il faut trouver le centre.

Tirez dans le cercle la ligne A B, divisez-la en deux également par la ligne C D, divisez la ligne C D en deux par la ligne E F, laquelle coupera la ligne C D au point G, qui sera le centre du cercle.

USAGE XX.

Tracer une ligne droite égale à la circonférence d'un cercle, & faire une circonférence de cercle égale à une ligne droite proposée.

Fig. 4. Soit le cercle donné A B C D, dont on veut réduire la circonférence en ligne droite ; portez sur une ligne droite trois fois le diametre du cercle, & de plus une septiéme partie du même diametre qu'il y faut ajouter.

ajoûter. La ligne G H fera à peu près égale à ladite circonférence : nous difons à peu près, car c'eft en cela que confifte la quadrature du cercle, laquelle n'a point encore été trouvée géométriquement.

Si la ligne GH étoit donnée pour la réduire en circonférence, il la faudroit divifer en vingt-deux parties égales, & en prendre fept pour le diametre du cercle, ou trois & demi pour fon rayon.

USAGE XXI.

Décrire une ovale fur une ligne donnée.

Soit A B la ligne droite donnée, fur laquelle il faut décrire une ovale. Fig. 5.
Divifez-la en trois parties égales, aux points C & D ; fur la partie C D décrivez des triangles équilateraux, dont vous prolongerez les côtés ; des points C & D, & intervalle C A, D B, décrivez des portions de cercle jufqu'aux côtés des triangles, prolongeo aux points EF & G H ; des points I & K pour centre, & pour rayon la grandeur I E, ou I G décrivez l'arc E G d'une part, & l'arc F H de l'autre, vous aurez une ovale.

On en peut tracer d'autres plus grandes ou plus petites par cette même maniere, comme on peut voir par celles qui font marquées de points dans la même figure.

USAGE XXII.

Décrire une ellipfe mathématique, dont les deux axes ou diametres font donnés.

Soit le grand axe A B, & le petit axe C D, fe coupans par le milieu à angles droits au point G. Fig. 6.

Prenez avec un compas ou un cordeau la grandeur de la moitié du grand axe, c'eft-à-dire, A G, ou G B ; portez cette ouverture en C, & de ce point, comme centre, décrivez un arc de cercle qui coupera le grand axe d'un côté en E, & l'autre en F ; ces points E & F feront les foyers, aufquels il faudra mettre de petits points comme des têtes d'épingle ou des piquets, fi le plans eft affez grand, comme feroit un jardin : attachez aux points E & F un cordeau égal au grand axe, dont le milieu paffera par le point C. Mettez dans le pli que fait ce cordeau un crayon ou un piquet, que vous ferez mouvoir, en bandant régulierement le cordeau jufqu'à ce que vous ayez parcouru les extrémités des diametres propofés.

On appelle ordinairement cette figure l'ovale du jardinier, & c'eft la plus fimple & la plus facile de toutes les méthodes pour décrire une ovale ; mais il faut que le plan foit affez grand.

Si l'on augmente ou diminue la longueur de la corde, fans changer la diftance des foyers, on aura des ellipfes d'une autre efpéce. De-même, fi fans changer la longueur de la corde, on diminuoit la diftance des foyers, on auroit encore des ellipfes d'une autre efpéce ; & fi à force de les approcher, on les joint tout-à-fait, on décrira un cercle. Mais fi l'on augmente ou diminue la longueur du grand diametre & de la corde qui lui

est égale en même proportion que la distance des foyers, on tracera des ellipses toutes de même espéce, quoique différentes en grandeur.

Autre maniere de tracer l'ellipse.

Fig. 7. LEs deux foyers E, F, étant marqués comme en la figure précédente; on trouvera autant de points qu'on voudra dans la circonférence de l'ellipse, en cette sorte. Ouvrez le compas à discrétion, mais un peu davantage que la distance A F; comme par exemple, de la grandeur A I, mettez une des pointes du compas au foyer F, & de l'autre pointe tracez l'arc O R; ouvrez ensuite le compas de la distance I B, qui est le reste du grand axe, posez une de ses pointes à l'autre foyer E, & de cette ouverture tracez l'arc S T, le point d'intersection P de ces deux arcs donnera un des points de la circonférence de l'ellipse. Faisant le même des ouvertures de compas A L, L B, on aura le point d'intersection H, en traçant toujours des foyers F & E. Enfin ouvrant le compas de différentes grandeurs, on aura tant d'autres points qu'on voudra dans la circonférence, lesquels étant joints par une ligne courbe, l'ellipse sera achevée.

Il est à remarquer que chaque ouverture de compas sert à trouver quatre points en distance égale des axes. Si d'un point pris à volonté dans la circonférence de l'ellipse, on tire deux lignes droites jusqu'aux foyers F, E, ces deux lignes P F & P E jointes ensemble, sont égales à son grand axe B A, comme il se voit par la même figure.

USAGE XXIII.

Faire une figure égale & semblable à une autre.

Fig. 8. SOit la figure proposée A B C D E, à laquelle on en veut faire une égale & semblable.

Divisez-la en triangles par les lignes A C, A D; tirez ensuite la ligne *a b*, égale à A B; du point *b* & grandeur B C décrivez un arc; du point *a* & grandeur A C, décrivez un autre arc, coupant le précédent au point *c*: tirez la ligne *b c*, faites le même pour tous les autres côtés, & la figure *a b c d e* sera semblable à la proposée A B C D E.

USAGE XXIV.

Réduire des figures de grand en petit, & de petit en grand.

Fig. 9. ON donne ici plusieurs manieres de réduire les plans, parce que cela est d'un grand usage; chacun prendra celle dont il s'accommodera le mieux.

Premierement, on peut réduire une figure, en prenant un point en dedans, & tirant des lignes à tous les angles. Soit pour exemple la figure A B C D E proposée à réduire en petit.

Prenez le point F environ dans le milieu de la figure; tirez des lignes à tous les angles A B C D E, menez la ligne *a b* parallele à la ligne A B, la ligne *b c* parallele à B C, & ainsi des autres, & vous aurez la figure *a b c d e* semblable, mais plus petite que la figure A B C D E.

Si l'on veut avoir une figure plus grande, il n'y a qu'à prolonger les lignes tirées du centre de la figure, & mener des paralleles à ses côtés.

Réduire la figure par l'échelle.

MEsurez tous les côtés de la figure proposée A B C D E avec son échelle G H ; ayez une échelle plus petite K L qui contienne autant de parties égales que la grande. Faites le côté *a b* d'autant de parties de la petite échelle, que le côté A B en contient de la grande. Faites *b c* d'autant de parties que B C, *a c* d'autant que A C, & ainsi des autres côtés, vous aurez votre figure réduite en petit. Fig. 10.

Pour la réduire de petit en grand, on fera une échelle plus grande que celle de la figure proposée, & le reste se fera de la même maniere.

Réduire les plans par l'angle de proportion.

SOit la figure proposée A B C D E, qu'il faut diminuer en même proportion que la ligne A B est à la ligne *a b*. Fig. 11.

Tirez la ligne indéfinie G H, prenez la grandeur A B, & la portez de G en H ; du point G décrivez l'arc H I ; prenez la grandeur du côté donné *a b*, pour être la corde de l'arc A I, tirez la ligne G I, l'angle I G H donnera toutes les mesures du plan qu'on s'est proposé de réduire ; car pour avoir le point C, prenez la grandeur B C, & du point G décrivez l'arc K L. Prenez la corde K L, & du point *b* comme centre décrivez un petit arc. Prenez la grandeur A C, & du point G décrivez l'arc M N, & du point *a* décrivez un arc de cercle qui coupera le précédent au point C, qui sera celui qu'il faut avoir pour tirer le petit côté *b c*. Faites la même chose pour tous les autres angles & côtés de la figure.

Si vous voulez par cette maniere réduire de petit en grand, vous ferez la même chose ; mais il faut que le côté de la figure qu'on veut augmenter soit moindre que le double de celui qui lui répond. Si vous voulez, par exemple, réduire en grand la figure *a b c d e*, il faut que le côté A B de la grande soit moindre que le double du côté *a b* de la petite ; car s'il étoit double, les deux lignes qui doivent former l'angle I G H se rencontreroient directement, & feroient une ligne droite.

Réduire une figure par les quarreaux.

CEtte maniere de réduire sert particulierement pour copier une carte, & pour l'augmenter, ou diminuer.

Soit pour exemple la carte A B C D à réduire en petit ; divisez-la par quarreaux ; faites une semblable figure *a b c d* qui soit plus petite ; divisez-la en autant de quarreaux, mais plus petits, & dessinez dans chaque quarreau de la petite figure ce qui est en chaque quarreau correspondant de la grande figure, & vous aurez une carte plus petite. Plus il y aura de quarreaux, plus la figure sera juste. Fig. 12.

CHAPITRE II.

De la construction & usage de l'Equerre.

De la III. Planche. Fig. D.

L'Equerre est un instrument qui sert à élever des perpendiculaires, & à connoître si une ligne tombe perpendiculairement sur une autre. Elle est composée de deux régles de cuivre ou autre métal, assemblées de telle maniere, qu'elles forment un angle droit. Il s'en fait où les deux régles ou branches sont attachées fixément, & d'autres qui s'ouvrent & se ferment par le moyen d'une charniere qui doit être bien juste, afin qu'elle ne vacille point, & qu'elle conserve toujours son angle droit.

On ajuste pour cela dans un petit canal fait à l'angle d'une des branches de l'équerre trois charnons ou petit bouts de cylindre, coupés bien droits, d'une longueur & grosseur convenables à la longeur & épaisseur de l'équerre. Ces charnons doivent être éloignés l'un de l'autre de maniere qu'ils puissent recevoir juste deux autres charnons qui sont ajustés de même à l'autre branche de l'équerre. Ces charnons étant ainsi arrêtés, on les soude aux branches, & ensuite on les unit l'un à l'autre par le moyen d'une goupille qui remplisse juste le trou des charnons, afin que le mouvement soit ferme.

Il y a des équerres où l'on met un fil avec un petit plomb, pour servir de niveau, c'est-à-dire, pour mettre un plan horisontalement.

On met souvent sur un des côtés de l'équerre plusieurs mesures ou échelles, & sur l'autre un demi-pied divisé en six pouces, dont un est subdivisé en douze lignes. On y ajoûte quelquefois plusieurs mesures étrangères, dont on connoît le rapport avec le pied de Paris.

USAGE PREMIER.

Elever d'un point donné une ligne perpendiculaire sur une ligne donnée.

V. Planche. Fig. 13.

Soit la ligne donnée A B, & le point donné C dans la ligne ou hors la ligne.

Appliquez un des côtés de l'équerre sur la ligne donnée, en telle sorte que l'autre côté touche le point donné, & tirez la ligne C D, elle sera perpendiculaire. Si l'on retourne l'équerre, en remettant dessus ce qui étoit dessous, & que l'on tire une autre ligne C D, on connoîtra si l'équerre est bien juste; car en ce cas ces deux lignes tirées par le point C, ne seront qu'une seule & même ligne.

USAGE II.

Connoître si une ligne est perpendiculaire sur une autre; c'est-à-dire, si elles font un angle droit.

Appliquez un des côtés de l'équerre sur une des lignes, & voyez si l'autre côté correspond justement à l'autre ligne, comme on voit

en la même figure. Ces pratiques sont aisées à faire, c'est pourquoi on n'en fait pas un long discours.

CHAPITRE III.

De la construction & des usages du Rapporteur.

LE Rapporteur est un demi-cercle divisé en 180 dégrés, d'autant que le cercle se divise en 360 dégrés, comme il a été dit dans les définitions.

Il doit être limé plat d'un côté, pour être mieux appliqué sur le papier, & l'autre côté doit être en talu, c'est-à-dire mince sur le bord où est la division. Le centre doit être marqué par une petite hoche demi-circulaire, afin de mieux découvrir le point où doit aboutir la pointe de l'angle. *De la III. Planche. Fig. E.*

Méthode pour faire cette division.

SUr la ligne A B & du centre O, décrivez un demi-cercle, portez le rayon ou le demi-diametre A O autour de la circonférence, il la divisera en trois arcs égaux de 60 dégrés chacun aux points C & D, parce que le rayon d'un cercle est contenu six fois en sa circonférence. Divisez l'arc B C en deux également au point E, l'arc B E sera de 30 dégrés, & tournant cette ouverture autour du demi-cercle, il sera divisé en six arcs égaux. Divisez les encore en trois parties égales, chacune sera de dix dégrés. Divisez chaque dixaine en deux, vous aurez des arcs de cinq dégrés chacun; & enfin subdivisant chacun de ces derniers arcs en cinq, tout le demi-cercle sera divisé en 180 dégrés. *De la III. Planche. Fig. E.*

C'est de la même maniere qu'on peut diviser tout le cercle en 360 dégrés; nous en parlerons encore dans la suite. On fait aussi quelquefois des rapporteurs de corne; ils sont assez commodes, en ce qu'ils sont transparens; mais il faut les tenir dans un livre, quand on ne s'en sert pas, afin que la corne ne se ride point.

USAGE PREMIER.

Faire des angles de telle grandeur que l'on veut.

SOit, par exemple, proposé de faire au point A un angle de 50 dégrés sur la ligne C A B. *De la V. Planche. Fig. 14.*

Mettez le centre du rapporteur qui est marqué par une petite cavité sur le point A, en telle sorte que le diametre du demi-cercle soit sur la ligne A B. Marquez un point de crayon vis-à-vis le cinquantiéme dégré, & de ce point tirez au point A une ligne, elle sera avec la ligne A B un angle de cinquante dégrés.

USAGE II.

L'angle B A D étant donné, sçavoir ce qu'il contient de dégrés.

Fig. 14 METtez le centre du rapporteur au point A ; & son rayon sur le côté B C ; remarquez à quel dégré la ligne A D coupe la circonférence, vous connoîtrez que l'angle B A D est de 50 dégrés.

USAGE III.

Pour inscrire dans un cercle tout polygone régulier.

Fig. 15. POur cette opération, il faut connoître de combien de dégrés est l'angle du centre de chaque polygone régulier : ce qui se trouve en divisant 360 dégrés de la circonférence du cercle par le nombre des côtés du polygone proposé. Ainsi par exemple, divisant 360 par 5, le quotient 72 fait voir que l'angle du centre d'un pentagone est de 72 dégrés. En divisant 360 par 8, le quotient 45 fait connoître que l'angle du centre d'un octogone est de 45 dégrés, & ainsi des autres.

En connoissant l'angle du centre, on trouve l'angle formé par les deux côtés du polygone, en ôtant de 180 dégrés l'angle du centre. Ainsi ôtant de 180 dégrés l'angle du centre d'un pentagone qui est de 72 dégrés, reste 108 pour l'angle du polygone, c'est-à-dire, l'angle formé par les deux côtés dudit pentagone.

De même ôtant de 180 l'angle du centre d'un octogone, qui est 45 dégrés, reste 135 pour son angle de polygone.

C'est pourquoi si l'on propose d'inscrire un pentagone dans un cercle, mettez le centre du rapporteur au centre du cercle, & faisant convenir le diametre du rapporteur avec le diametre du cercle, marquez un point vis-à-vis les 72 dégrés de la circonférence du rapporteur, lequel étant ôté, tirez une ligne du centre du cercle par ce point que vous avez marqué, jusqu'à ce qu'elle coupe la circonférence au point C. Prenez avec le compas l'ouverture de l'arc B C, elle divisera le cercle en cinq parties égales, &, tirant cinq lignes, le pentagone sera inscrit.

S'il s'agit de faire un eptagone, divisez trois cens soixante par sept, le quotient 51 dégrés & trois septiémes, fait voir que l'angle du centre doit être de 51, & à peut près & demi. C'est pourquoi ayant placé le rapporteur au centre & sur le diametre du cercle, marquez un point vis-à-vis 51 dégrés & demi de la circonférence du rapporteur, la ligne tirée du centre du cercle par ce point marquera sur la circonférence la septiéme partie du cercle ; après quoi il sera facile d'achever l'eptagone.

Il y a des rapporteurs sur lesquels sont gravés des nombres qui marquent les polygones réguliers, pour épargner la peine de faire les divisions. Le nombre 5 qui signifie le pentagone est marqué vis-à-vis 72 dégrés de la circonférence ; le nombre 6, qui signifie l'exagone, est marqué vis-à-vis 60 dégrés ; le nombre 7, qui signifie l'eptagone, est marqué vis-à-vis les 51 dégrés & demi, &c.

Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 10
Fig. 11.
Fig. 11.
Fig. 11.
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14.
Fig. 15
Fig. 16.

USAGE IV.

Pour décrire sur une ligne donnée tout polygone régulier.

SOit la ligne donnée C D, sur laquelle o veut décrire un pentagone.

Nous avons enseigné dans l'usage précédent le moyen de connoître les angles de tous les polygones réguliers ; & comme celui que font les deux côtés du pentagone est de 108 dégrés, sa moitié 54 sera le demi-angle du pentagone, & servira à le décrire en la maniere suivante. Fig. 16.

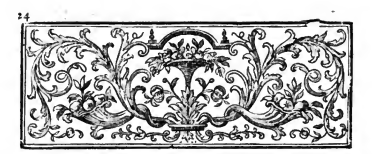
Posez le diametre du rapporteur sur la ligne C D, & son centre à l'extrémité D. Marquez un point vis-à-vis les 54 dégrés de sa circonférence, & tirez la ligne D F, faisant un angle de 54 dégrés avec la ligne C D. Transportez le centre du rapporteur à l'autre extrémité C, pour y faire pareillement un angle de 54 dégrés, en tirant la ligne C F ; le point F où ces deux lignes se rencontrent, sera le centre d'un cercle que vous tracerez en ouvrant le compas de la grandeur C F ; prenez ensuite la grandeur de la ligne donnée C D, pour diviser en cinq la circonférence du cercle, & tirant cinq lignes, le pentagone sera décrit. Fig. 16.

Si l'on propose de décrire un octogone sur une ligne donnée, ayant reconnu que son angle de polygone est de 135 dégrés, prenez-en la moitié, 67 dégrés & demi, & faites un angle de pareil nombre de dégrés à chaque extrémité de la ligne donnée, pour y faire un triangle isoscele, dont le sommet sera le centre d'une circonférence, que vous diviserez en huit, en y appliquant huit fois la ligne donnée, & l'octogone sera formé.

On peut faire, avec les instrumens dont nous venons de parler, quantité d'autres opérations, suivant les différens sujets ; mais on s'est contenté d'y rapporter les plus utiles & les plus ordinaires.

Fin du premier Livre.





DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DU COMPAS DE PROPORTION.

LIVRE SECOND.

CHAPITRE PREMIER.

De la conſtruction du Compas de Proportion.

LE Compas de proportion eſt un Inſtrument de Mathématique, ainſi nommé, parce qu'il ſert à connoître les Proportions entre les quantités de même eſpéce, comme entre une ligne & une autre ligne, entre une ſurface & une autre ſurface, entre un ſolide & un autre ſolide, &c.

Il eſt fait de deux Régles égales de cuivre, d'argent ou d'autre matiere ſolide, jointes enſemble par un clou & une charniere, tellement travaillées, que le mouvement en ſoit égal & uniforme ; ce qui ſe fait en fendant avec une ſcie la régle où eſt la tete, environ un pouce de long, pour y ajuſter une lame de laiton qu'on rive fortement par le moyen du clou. On arrondit enſuite la téte, en limant tout ce qui déborde ; en ſorte que le ſimple & la téte ſoient à l'uni l'un de l'autre. Il s'agit préſentement de trouver le centre du clou. Il faut pour cela mettre une pointe de compas au bas de la lame qui ſert de charniere ; puis marquer quatre

ſections

fections avec l'autre pointe du compas au milieu du clou en tournant le fimple de la charniere à quatre côtés oppofés. Le point milieu fera le centre du clou, & par conféquent celui du compas de proportion. On tire enfuite une ligne du centre au long de la régle, pour limer jufte l'éxcédent, & dreffer bien droite ladite régle ; & c'eft ainfi qu'on met le compas de proportion au centre. L'autre régle étant auffi dreffée en dedans, & fendue pour recevoir le fimple de la charniere, on creufe le bout en demi-cercle concave, de maniere qu'il joigne bien autour de la tête ; puis on rive le fimple à cette régle avec trois ou quatre petits clous, afin que ces deux régles, que l'on nomme les jambes du compas de proportion, fe puiffent ouvrir & fermer facilement, & refter à telle ouverture que l'on peut en avoir befoin pour mettre les ufages en pratique. Mais il faut avoir bien foin, en le conftruifant, que les jambes foient limées bien plates, & ne faffent pas ce qu'on appelle l'aîle de moulin. Il faut auffi prendre garde que le compas foit bien au centre, c'eft-à-dire qu'étant ouvert entiérement, il ne faffe qu'une ligne droite en dedans comme en dehors, & que les jambes foient bien égales d'épaiffeur & de largeur ; en un mot qu'il foit bien droit en tout fens. La longueur & largeur defdites régles n'eft pas déterminée, mais on donne pour l'ordinaire fix pouces de long, fix à fept ligne de large, & environ deux lignes d'épaiffeur à chaque jambe de compas de proportion que l'on deftine pour travailler dans le cabinet. On en fait de plus petits, pour être commodément portés dans la poche, comme auffi de plus grands, pour travailler fur le terrein, dont on proportionne la largeur & épaiffeur.

On a coutume d'y tracer fix fortes de lignes ; fçavoir la ligne des parties égales, celle des plans & celle des polygones, d'un côté ; la ligne des cordes, celle des folides, & celle des métaux, & de l'autre côté des jambes dudit compas, en la maniere que nous allons expliquer.

On met encore ordinairement fur le bord du compas de proportion d'un côté une ligne divifée, qui fert à connoître le calibre des canons, & de l'autre côté une ligne qui fert à connoître le diametre, & le poids des boulets de fer, depuis un quart jufqu'à foixante-quatre livres, dont nous donnerons la conftruction & les ufages, en parlant des inftrumens pour l'artillerie.

SECTION PREMIERE.

De la ligne des parties égales.

CEtte ligne eft ainfi nommée, parce qu'elle eft divifée en parties égales, dont le nombre eft ordinairement 200, lorfqu'elle eft de fix pouces de long. *VI. Planche. Fig. 6.*

Ayant tiré fur une des furfaces de chaque jambe les lignes égales A B depuis le point A, qui eft le centre de la charniere du compas, & par conféquent le centre de fon mouvement, qui a été trouvé de la maniere que nous avons dit ci-devant, excepté qu'on fait les fections fur la tête, en pofant le compas au bout de la branche du fimple ; pour la conftruire, divifez premierement les lignes A B en deux parties égales, qui feront par conféquent de 100 parties chacune. Divifez encore chacune de ces deux

D

parties égales en deux autres, dont chacune sera de 50. Divisez ensuite chacune de ces parties en cinq, dont chacune vaudra dix, & chacune de ces nouvelles parties en deux; & enfin chacune de ces dernieres en cinq parties égales: & par ce moyen lesdites lignes se trouveront divisées en deux cens parties égales, que vous distinguerez de cinq en cinq par des petites lignes, & y mettrez les chifres de dix en dix seulement, en commençant du centre A, jusqu'à l'autre extrémité, où vous mettrez le nombre 200.

Comme les deux autres lignes, qui sont à tracer sur les mêmes surfaces de chaque jambe, doivent toutes aboutir au même centre A, il faut que l'extrémité B de la ligne des parties égales, soit tirée le plus près que l'on pourra des bords extérieurs de chaque jambe, y laissant pourtant une petite distance pour placer les chifres, afin d'avoir place pour tirer la ligne des plans au milieu de la largeur desdites jambes, & la ligne des polygones vers leurs bords intérieurs; mais il faut bien prendre garde, en tirant ces lignes, que chacune des correspondantes soit également distante des bords intérieurs de chaque jambe: le tout, comme il est aisé de voir en la Planche sixiéme.

SECTION II.

De la ligne des Plans.

VI. Planche. Fig. 1.

CEtte ligne est ainsi nommée, parce qu'elle comprend les côtés homologues d'un certain nombre de plans semblables, multiples du plus petit, commençant par le centre A, c'est-à-dire, dont les surfaces contiennent deux fois, trois fois, quatre fois, &c. celle du plus petit plan depuis l'unité, suivant l'ordre naturel des nombres, jusqu'à soixante-quatre, qui est ordinairement le plus grand terme des divisions que l'on marque sur ladite ligne marquée A C.

La division de cette ligne se peut faire en deux manieres fondées sur la vingtiéme proposition du sixiéme Livre d'Euclide, qui démontre que les plans semblables sont entre eux comme les quarrés de leurs côtés homologues.

La premiere maniere se fait à l'aide des nombres, & la seconde maniere sans nombres, comme nous allons l'expliquer.

Ayant tiré la ligne A C depuis le centre A jusqu'aux extrémités C des jambes du compas de proportion, divisez-la premierement en huit parties égales, dont la premiere du côté du centre A, qui représente le côté du plus petit plan, n'a pas besoin d'être tracée jusqu'au centre. La seconde, qui est double de la premiere, est le côté d'un plan quatre fois plus grand que le premier petit plan, parce que le quarré de deux est quatre.

La troisiéme division, qui contient trois fois la premiere, est le côté d'un plan neuf fois plus grand que le premier, parce que le quarré de trois est neuf.

La quatriéme division, qui contient quatre fois la premiere, qui par conséquent est la moitié de toute ladite ligne, est le côté d'un plan seize fois plus grand que le premier, parce que le quarré de quatre est seize. Enfin, pour abréger, la huitiéme & derniere division, qui contient huit

fois le côté du petit plan, est le côté d'un plan semblable, soixante-quatre fois plus grand, parceque le quarré de huit est soixante-quatre.

Il y a un peu plus de façon à trouver les côtés homologues des plans doubles, triples, quintuples, &c. du plus petit plan. Suivant la premiere méthode, qui se fait par les nombres, il faut avoir une échelle divisée en mille parties égales, comme celle qui est représentée en la même planche, dont nous avons ci-devant donné la construction en la page 12.me

Ladite échelle doit être égale à la ligne entiere A C; & comme le côté *VI. Planche. Fig. 2.* du plus petit plan est la huitiéme partie de ladite ligne, il sera par conséquent de 125, qui est la huitiéme partie de 1000. Ensuite, pour avoir en nombres le côté d'un plan double du plus petit, il faut chercher la racine quarrée d'un nombre double du quarré de 125. Ce quarré est 15625, le double est 31250, & la racine quarrée de ce nombre, qui est environ 177, est le côté d'un plan double du plus petit plan, dont le côté a été supposé de 125. De même pour avoir le côté d'un plan qui contienne trois fois le premier, il faut chercher la racine d'un nombre qui contienne trois fois le quarré de 125. Ce nombre est 46875, & sa racine qui est environ 216, est le côté d'un plan triple du plus petit, & ainsi des autres. C'est pourquoi en portant depuis le centre A sur la ligne des plans 177 parties de ladite échelle, on aura la longueur du côté d'un plan double du plus petit. Portant ensuite 216 parties de la même échelle depuis ledit centre A, on aura la longueur du côté d'un plan qui contiendra trois fois le plus petit plan.

C'est par ce moyen que l'on a calculé la table suivante, qui marque le nombre des parties égales qui contiennent les côtés homologues de tous les plans semblables, doubles, triples, quadruples, &c. d'un plan dont le côté est 125, jusqu'au 64e. plan, c'est-à-dire, qui le contient soixante-quatre fois, & dont le côté est de mille parties.

Table pour la ligne des plans.

1	125	17	515	33	718	49	875
2	177	18	530	34	729	50	884
3	216	19	545	35	739	51	892
4	250	20	559	36	750	52	901
5	279	21	573	37	760	53	910
6	306	22	586	38	770	54	918
7	330	23	599	39	780	55	927
8	353	24	612	40	790	56	935
9	375	25	625	41	800	57	944
10	395	26	637	42	810	58	952
11	414	27	650	43	819	59	960
12	433	28	661	44	829	60	968
13	450	29	673	45	839	61	976
14	467	30	684	46	848	62	984
15	484	31	696	47	857	63	992
16	500	32	707	48	866	64	1000

Chacun des dix espaces que contient la regle de 1000 parties, en vaut cent, & chacune des subdivisions de la ligne A B en vaut dix. C'est pourquoi si l'on veut s'en servir pour diviser quelqu'une des lignes du compas de proportion, comme, par exemple, la ligne des plans, on choisira sur l'échelle la ligne marquée du nombre des centaines, & ce qui surpassera, se doit prendre dans l'espace entre les lignes A B; comme si, par exemple, on veut marquer le premier plan, auquel répond le nombre 125, on portera le compas commun sur la cinquiéme ligne de l'espace qui est marqué 10, & on l'ouvrira de la distance O P. De la même façon, si on veut marquer le 50 plan auquel répond le nombre 884, à cause des 800, on prendra le huitiéme espace de la régle où est marqué 800, & à cause des 84, on prendra dans l'espace A B l'intersection de la huitiéme transversale, & de la quatriéme parallele qui sera la distance N L.

Fig. 5. On peut encore diviser la ligne des plans sans calcul en la maniere suivante, fondée sur la 47[e] proposition du premier Livre d'Euclide. Faites le triangle isoscele rectangle K M N, dont le côté K M ou K N soit égal au côté du plus petit plan, l'hypotenuse M N sera le côté d'un plan semblable double du premier. C'est pourquoi ayant porté avec le compas commun l'intervalle M N sur le côté K L prolongé autant qu'il en sera besoin depuis K jusqu'en 2, la longueur K 2 sera le côté d'un plan double du plus petit. Portez de même l'intervalle M 2 depuis K jusqu'en 3, la ligne K 3 sera le côté d'un plan triple du premier. Portez ensuite l'entervalle M 3 depuis K jusqu'en 4, la ligne K 4, qui doit être double de K M, sera le côté d'un plan quatre fois plus grand, c'est-à-dire, qui contiendra quatre fois le petit plan, & ainsi de suite, comme on voit en ladite figure cinquiéme.

SECTION III.

De la ligne des Polygones.

Cette ligne est ainsi nommée, parce qu'elle comprend les côtés homologues des dix premiers Polygones réguliers inscrits dans un même cercle, c'est-à-dire, depuis le triangle équilateral jusqu'au dodécagone.

Le côté du triangle étant le plus grand de tous, doit être de la longueur de chaque jambe du compas de proportion; & comme les côtés des autres polygones réguliers inscrits dans le même cercle diminuent à mesure qu'ils ont plus de côtés, celui du dodécagone est le plus petit, & par conséquent doit être plus proche du centre dudit compas.

Supposant donc le côté du triangle de mille parties, il faut trouver la longueur des côtés de chacun des autres polygones; & comme les côtés des polygones réguliers inscrits dans un même cercle sont en même proportion que les cordes ou sous-tendantes des angles du centre de chacun de ces polygones, il est à propos de rapporter ici le moyen de connoître ces angles.

Pour cet effet, il faut diviser le nombre de 360 dégrés, que contient la circonférence entiere du cercle, par le nombre des côtés de chaque polygone, le quotient de la division marquera le nombre de dégrés que contient l'angle du centre.

Si, par exemple, on veut avoir l'angle du centre d'un exagone ou figure

de six côtés, en divisant 360 par six, le quotient sera 60 : ce qui signifie que l'angle du centre de l'exagone est de 60 dégrés. Si pareillement on veut avoir l'angle du centre d'un pentagone, ou figure de cinq côtés, en divisant 360 par cinq, le quotient sera 72 : ce qui marque que l'angle du centre d'un pentagone est de 72 dégrés, & ainsi des autres.

L'angle du centre étant connu, si on le soustrait de 180 dégrés, restera l'angle du polygone. Comme, par exemple, l'angle du centre d'un pentagone étant de 72 dégrés, l'angle de la circonférence dudit pentagone est de 108 dégrés, & ainsi des autres, comme il se voit dans la table suivante.

Polygones réguliers.	*Angles du centre.*		*Angles à la circonférence.*	
Triangle	120 d.		60 d.	
Quarré	90		90	
Pentagone	72		108	
Exagone	60		120	
Eptagone	51	26 m.	128	34 m.
Octogone	45		135	
Ennéagone	40		140	
Décagone	36		144	
Endécagone	32	44	147	16
Dodécagone	30		150	

Pour trouver en nombre les côtés desdits polygones réguliers inscriptibles dans un même cercle, ayant supposé celui du triangle équilateral de mille parties égales, au lieu des cordes ou sous-tendantes des angles du centre, on peut prendre les moitiés des mêmes cordes, qui sont les sinus de la moitié des angles de leurs centres, & faire l'analogie suivante.

Pour trouver, par exemple, le côté du quarré.

Comme le sinus de 60 dégrés, moitié de l'angle du centre du triangle équilateral, est au côté du même triangle supposé mille ; ainsi le sinus de 45 dégrés, moitié de l'angle du centre du quarré, sera au côté du même quarré, qui se trouvera par le calcul de 816.

C'est de cette maniere qu'a été construite la table suivante des polygones.

Côté du triangle équilateral marqué sur le compas de proportion par le nombre (3)		*Parties égales* 1000
Du quarré par le nombre	4	816
Du pentagone par le n.	5	678
De l'exagone par le n.	6	577
De l'eptagone par le n.	7	501
De l'octogone par le n.	8	442
De l'ennéagone par le n.	9	395
Du décagone par le n.	10	357
De l'endécagone par le n.	11	325
Du dodécagone par le n.	12	299

Nous avons négligé les fractions restées après le calcul en cette table comme en toutes les autres, parce que n'étant que des milliémes parties, elles ne sont pas considérables.

Ceux qui ne voudront pas marquer le triangle équilateral sur le compas de proportion, à cause de la facilité qu'il y a de le tracer, & qui par conséquent commenceront par le quarré, se serviront de la table suivante, où son côté est supposé de 1000 parties.

Autre table des polygones.	*Parties.*
Quarré	1000
Pentagone	831
Exagone	707
Eptagone	613
Octogone	540
Ennéagone	484
Décagone	437
Endécagone	398
Dodécagone	366

De la VI. Planche. Fig. 1. Pour marquer sur le compas de proportion la ligne des polygones, on se servira de la même échelle de mille parties égales, qui a servi pour y tracer la ligne des plans; & l'on portera du centre A sur la ligne A D de part & d'autre, le nombre des parties marquées dans la table, pour y graver les chifres 3, 4, 5, &c. qui signifient le nombre des côtés des polygones réguliers.

SECTION IV.

De la ligne des Cordes.

Cette ligne est ainsi nommée, parce qu'elle comprend les cordes de tous les dégrés du demi-cercle, qui a pour diametre la longueur de cette ligne, laquelle se marque sur l'autre surface de chaque jambe du compas de proportion, depuis le point A, qui est le centre de sa charniere, jusqu'à l'extrémité F de chaque régle, de telle sorte que les deux lignes A F soient parfaitement égales, & équi-distantes des bords intérieurs. *Fig. 4.*

Il est à remarquer que la ligne des cordes doit être directement tracée au-dessous de celle des parties égales, à cause de quelques opérations, qui demandent de la correspondance entre ces deux lignes.

Il est aussi à propos que la ligne des solides soit tracée sous celle des plans, & celle des métaux sous celle des Polygones.

VI. Planche. Fig. 3. Pour la division de cette ligne, décrivez un demi-cercle, qui ait pour diametre la longueur de ladite ligne A F, divisez-le en 180 dégrés; portez ensuite la longueur des cordes de tous ces dégrés, en les comptant de l'une des extrémités du diametre du demi-cercle, sur lesdites jambes du compas, & marquez sur chacune autant de points qui représenteront les dégrés du demi-cercle que vous distinguerez par de petites lignes de cinq en cinq, & par des chifres de dix en dix, en commençant depuis le point A, centre de la charniere dudit compas de proportion, jusqu'à F.

Ces mêmes dégrés se peuvent encore marquer sur la ligne des cordes par le moyen des nombres, en supposant le demi-diametre du cercle ou la corde de 180 dégrés de 1000 parties égales. Ces nombres se trouvent tous calculés dans les tables ordinaires des sinus; car au lieu des cordes, il n'y a

qu'à prendre leurs moitiés, qui sont les sinus de la moitié des arcs. Ainsi, par exemple, au lieu de la corde de dix dégrés, il faut prendre le sinus de cinq dégrés ; & comme le calcul est fait pour un rayon de 100000, il faut retrancher les deux derniers chifres, comme il se voit dans la table ci-dessous, où sont marquées les cordes de tous les dégrés. Cette division se fait avec l'échelle de 1000 parties.

Table pour la ligne des cordes.

D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.
1	8	31	267	61	507	91	713	121	870	151	968
2	17	32	275	62	515	92	719	122	874	152	970
3	26	33	284	63	522	93	725	123	879	153	972
4	35	34	292	64	530	94	731	124	883	154	974
5	44	35	300	65	537	95	737	125	887	155	976
6	52	36	309	66	544	96	743	126	891	156	978
7	61	37	317	67	552	97	749	127	895	157	980
8	70	38	325	68	559	98	754	128	899	158	981
9	78	39	334	69	566	99	760	129	902	159	983
10	87	40	342	70	573	100	766	130	906	160	985
11	96	41	350	71	580	101	771	131	910	161	986
12	104	42	358	72	588	102	777	132	913	162	987
13	113	43	366	73	595	103	782	133	917	163	989
14	122	44	374	74	602	104	788	134	920	164	990
15	130	45	382	75	609	105	793	135	924	165	991
16	139	46	390	76	615	106	798	136	927	166	992
17	145	47	399	77	622	107	804	137	930	167	993
18	156	48	406	78	629	108	809	138	933	168	994
19	165	49	414	79	636	109	814	139	936	169	995
20	173	50	422	80	643	110	819	140	939	170	996
21	182	51	430	81	649	111	824	141	942	171	997
22	191	52	438	82	656	112	829	142	945	172	997
23	199	53	446	83	662	113	834	143	948	173	998
24	208	54	454	84	669	114	838	144	951	174	998
25	216	55	462	85	675	115	843	145	954	175	999
26	225	56	469	86	682	116	848	146	956	176	999
27	233	57	477	87	688	117	852	147	959	177	999
28	242	58	485	88	694	118	857	148	961	178	1000
29	250	59	492	89	701	119	861	149	963	179	1000
30	259	60	500	90	707	120	866	150	966	180	1000

SECTION V.

De la ligne des solides.

CEtte ligne est ainsi nommée, parce qu'elle comprend les côtés homologues d'un certain nombre de solides semblables, multiples du plus petit, depuis l'unité, suivant l'ordre naturel des nombres jusqu'à 54, qui est ordinairement le plus grand terme des divisions de cette ligne marqueé A H proche la ligne des cordes. Fig. 4.

Pour en faire la division, on se sert de l'échelle de 1000 parties, & l'on suppose le côté du soixante-quatriéme, & plus grand solide de 1000 parties égales; & comme la racine cubique de 64e est 4, & que celle d'un est 1, il s'ensuit que le côté du 64e solide contient quatre fois le côté du premier & plus petit solide, lequel par conséquent doit etre de 250, puisque les solides semblables sont entre eux, comme les cubes de leurs côtés homologues.

Le nombre 500, double de 250, doit être le côté du huitiéme solide, c'est-à-dire, d'un solide huit fois plus grand que le premier, parce que le cube de 2, qui est 8, contient huit fois le cube de l'unité.

Pareillement le nombre 750, triple de 250, est le côté du vingt-septiéme solide, parce que le cube de 3, qui est 27, contient vingt-sept fois le cube d'un.

Il y a un peu plus de calcul à faire pour trouver les côtés des solides doubles, triples, quadruples, &c. du premier, lesquels ne peuvent pas même s'exprimer exactement par nombres, parce que leurs racines sont incommensurables; on peut néanmoins en approcher suffisamment pour l'usage, par la méthode suivante.

Pour trouver, par exemple, le nombre qui exprime le côté d'un solide double du premier & plus petit, il faut cuber son côté 250, le cube est 15625000. Ensuite il faut doubler ce nombre, & en tirer la racine cubique, qui se trouvera à peu-près 315, & qui sera le côté d'un solide double. Pour avoir le côté d'un solide triple du premier, il faut tripler ce même nombre, & en tirer la racine cubique, qui se trouvera 360, & ainsi du reste; le tout suivant qu'il est marqué en la Table ci-jointe.

Table pour la ligne des solides.

1	250	17	643	33	802	49	914
2	315	18	655	34	810	50	921
3	360	19	667	35	818	51	927
4	397	20	678	36	825	52	933
5	427	21	689	37	833	53	939
6	454	22	700	38	840	54	945
7	478	23	711	39	848	55	951
8	500	24	721	40	855	56	956
9	520	25	731	41	862	57	962
10	538	26	740	42	869	58	967
11	556	27	750	43	876	59	973
12	572	28	759	44	882	60	978
13	588	29	768	45	889	61	984
14	602	30	777	46	896	62	989
15	616	31	785	47	902	63	995
16	630	32	794	48	908	64	1000

Les

Les côtés de tous ces solides étant ainsi trouvés en nombre, on les marquera sur ladite ligne des solides, en y portant depuis le centre A les parties qu'ils contiennent, prises sur l'échelle de 1000 parties.

SECTION VI.

De la ligne des Métaux.

Cette ligne est ainsi nommée, parce qu'elle sert à connoître la proportion qu'ont entre eux les six métaux, dont on peut faire des solides.

Elle se marque sur les jambes du compas de proportion à côté de la ligne des solides, & les métaux y sont figurés par les caractéres ci-joints, qui leur ont été appropriés par les Chymistes & Naturalistes.

La division de cette ligne est fondée sur les expériences qui ont été faites des différentes pesanteurs de masses égales de chacun de ces métaux, d'où l'on a calculé leurs proportions comme on les voit marquées en la table ci-après.

Table pour la ligne des métaux.

Or	☉	730
Plomb	♄	863
Argent	☽	895
Cuivre	♀	937
Fer	♂	974
Etain	♃	1000

Avertissement.

Le moins pesant de tous ces métaux, qui est l'étain, sera marqué au bout de chaque jambe, comme ici A G, figure 4 à une distance du centre qui égale la longueur de toute l'échelle de 1000 parties, & les autres métaux plus proches dudit centre, chacun suivant les nombres qui leur conviennent, pris sur la même échelle. *De la VI. Planche.*

Comme la plûpart des susdites lignes marquées sur le compas de proportion, se divisent par le moyen d'une échelle de 1000 parties égales, il faut qu'elles soient toutes parfaitement égales entre elles & à ladite échelle; c'est pourquoi, comme elles aboutissent toutes d'une part au même point, qui est le centre de la charniere, il faut qu'elles soient toutes terminées de l'autre part par un arc sur chaque face des régles qui forment ledit compas.

Il n'est pas toujours nécessaire de diviser le compas de proportion par les méthodes que nous venons de donner; car pour abréger le tems, on dispose une régle de la longueur, largeur & épaisseur des compas de proportion, & on y trace les mêmes lignes, que l'on divise très-exactement, suivant les régles que nous venons d'expliquer, puis on transporte avec un compas à coulisse les mêmes divisions sur les compas de proportion, après y avoir tracé les lignes pour les contenir.

Nous avons dit qu'il se fait des compas de proportionde différentes grandeurs, mais les plus en usage sont ceux qui se mettent dans les étuis de Mathématique, de six pouces de long, d'autres que l'on met aussi dans des étuis de quatre pouces, & d'autres qui n'ont que trois pouces de long, que l'on nomme étuis de poche. On voit à peu près la figure de ces sortes d'étuis dans la planche sixiéme. Il s'en fait aussi qui ont neuf à dix pouces de longueur, où l'on met ordinairement des pinulles, & un genouil au compas de proportion, pour servir en campagne à lever les plans, mesurer les

diſtances & prendre les hauteurs ; mais les demi-cercles ou cercles entiers ſont plus commodes pour ces ſortes d'opérations.

SECTION VII.

Contenant les preuves des diviſions des lignes que l'on marque ordinairement ſur le Compas de proportion.

Preuve de la ligne des parties égales.

LA diviſion de cette ligne eſt ſi facile, qu'elle n'a beſoin d'aucune autre preuve, que celle d'examiner avec un compas commun ſi les deux lignes correſpondantes, tracées ſur les jambes du compas de proportion, ſont bien égales & diviſées également : ce que l'on connoîtra, en prenant avec un compas ordinaire, dont les pointes ſoient fines & déliées, tel nombre que l'on voudra de ces parties égales, commençant par où l'on jugera à propos. Car ſi cette ligne des parties égales eſt bien diviſée, en portant ſur ladite ligne l'ouverture du compas ainſi ouvert, ſes deux pointes comprendront toujours le même nombre de parties égales ſur une jambe ou ſur l'autre en comptant du centre, ou de tel point de diviſion que l'on voudra.

Preuve de la ligne des Cordes.

LA méthode ci-devant expliquée ne peut pas ſervir à connoître ſi la ligne des cordes eſt bien diviſée, parce que ces diviſions ne ſont pas égales ; la corde de 10 dégrés, par exemple, étant plus de la moitié de celle de 20, pareillement la corde de 20 dégrés eſt plus de la moitié de celle de 40, & ainſi de ſuite : de telle ſorte que les diviſions ſont plus grandes vers le centre du compas que vers les extrémités de ſes jambes : ce qui provient de la nature du cercle.

Mais comme nous avons rapporté deux méthodes pour diviſer la ligne des cordes, l'une par le ſecours des nombres, & l'autre par l'étendue des cordes ou ſous-tendantes des arcs, une de ces méthodes peut ſervir de preuve à l'autre.

En voici cependant encore une autre, qui n'eſt point à négliger. Choiſiſſez à volonté ſur la ligne des cordes deux nombres également éloignés de 120 dégrés, comme, par exemple, 110 & 130 qui en ſont éloignés chacune de 10 dégrés, le premier par défaut & le ſecond par excès. Prenez avec un compas commun la diſtance de ces deux nombres 110 & 130, laquelle doit être égale à la corde de 10 dégrés, ou à la diſtance du point marqué 10 ſur la ligne des cordes au centre du compas de proportion.

On connoîtra par le même moyen, que la diſtance entre 100 & 140 dégrés eſt égale à la corde de 20 dégrés ; que pareillement la diſtance entre 90 & 150 eſt égale à la corde de 30, qui eſt le nombre dont 120 ſurpaſſe 90, & dont il eſt ſurpaſſé par 150, & ainſi des autres, comme il eſt aiſé de remarquer par la table des cordes ci-devant marquée, où l'on voit, par exemple, que le nombre 44, qui eſt la corde de 5 dégrés, eſt la différence entre 843, qui eſt la corde de 115 dégrés, & 887, qui eſt

la corde de 125 ; que pareillement 87, corde de 10 dégrés, est la difference entre la corde de 110 & celle de 130, &c. lesquelles sont également éloignées de 120 dégrés.

Preuve de la ligne des Polygones.

ON connoîtra si cette ligne est bien divisée par le moyen de la ligne des cordes en la maniére suivante.

Prenez avec un compas commun sur la ligne des polygones la distance du centre du compas de proportion jusqu'au point 6, qui marque l'exagone. Puis ayant ouvert le compas de proportion, portez cette distance sur la ligne des cordes, mettant chaque pointe dudit compas commun sur les points correspondans de 60 à 60, qui marquent l'angle du centre de l'exagone.

Le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez, avec le compas ordinaire sur chaque ligne des cordes, la distance des deux points marqués 72, & la portez sur la ligne des polygones, mettant une pointe au centre de la charniere du compas de proportion ; l'autre pointe doit rencontrer le point marqué 5, qui appartient au pentagone, dont l'angle du centre est de 72 dégrés.

Prenant de même sur la ligne des cordes la distance des deux points marqués 90, & la portant sur la ligne des polygones, l'ouverture du compas commun y rencontrera le point marqué 4, qui appartient au quarré, dont l'angle du centre est de 90 dégrés, & ainsi des autres.

Preuve de la ligne des Plans.

COmme nous avons rapporté deux méthodes pour diviser la ligne des plans, l'une peut servir de preuve à l'autte ; mais on peut encore facilement reconnoître si la division est bien faite par la maniere suivante. Prenez avec un compas ordinaire la distance de quelque point que ce soit de cette ligne jusqu'au centre de la charniere du compas de proportion, & portez cette distance depuis le même point de division de l'autre côté de la même ligne des plans, la pointe du compas rencontrera un nombre de plan quatre fois plus grand que celui qui a été pris vers le centre ; & si l'on tourne encore une fois le compas commun ainsi ouvert vers l'extrémité de ladite ligne, la pointe tombera sur un nombre de plan neuf fois plus grand. Ainsi, par exemple, si l'on a pris la distance depuis le centre jusqu'au plan marqué 2, arrêtant une pointe du compas sur ledit point 2, l'autre pointe doit tomber sur le point 8 ; & en tournant encore une fois le compas, sans changer l'ouverture, en arrêtant une de ses pointes sur ledit point 8, l'autre pointe doit rencontrer le dix-huitiéme plan, qui contient neuf fois le second plan ; tournant encore une fois le compas, on rencontrera le trente-deuxiéme plan, qui contient seize fois le second plan. Si enfin on tourne encore une autre fois, on doit rencontrer le cinquantiéme plan, qui contient celui de deux fois 25, & ainsi des autres plans semblables, parce qu'ils sont entre eux, comme les quarrés de leurs côtés homologues. C'est ce qui facilite la division de cette ligne des plans, puisqu'ayant le premier, on a le quatriéme, le neuviéme, le seiziéme, le vingt-cinquiéme, le trente-sixiéme, le quarante-neuviéme, & le soixante-quatriéme ;

ayant trouvé le second, on a le huitiéme, le dix-huitiéme, le trente-deuxiéme & le cinquantiéme; ayant pareillement trouvé le troisiéme, on a le douziéme, le vingt-septiéme, & le quarante-huitiéme; & ainsi du reste.

Preuve de la ligne des Solides.

ON connoît si cette ligne est bien divisée par la méthode suivante: Prenez avec un compas ordinaire la distance de quelque point que ce soit de cette ligne jusqu'au centre du compas de proportion; arrêtez une pointe du compas ainsi ouverte sur le même point de division, & tournez l'autre pointe vers l'extrémité de ladite ligne, elle doit rencontrer un nombre de solides huit fois plus grand que celui que vous aurez choisi. Si vous tournez encore une fois le compas, une de ses pointes tombera sur un solide vingt-sept fois plus grand que le nombre choisi. Ainsi, par exemple, l'ouverture du premier solide donnera celle du huitiéme, du vingt-septiéme, & du soixante-quatriéme; l'ouverture du second solide donnera celle du seiziéme, & du cinquante-quatriéme; l'ouverture du troisiéme prise deux fois donnera celle du vingt-quatriéme. Par le quatriéme solide on aura le trente-deuxiéme, de même que par le cinquiéme on aura le quarantiéme; par le sixiéme on aura le quarante-huitiéme; & enfin par le moyen du septiéme on aura le cinquante-sixiéme solide, parce que les solides semblables sont entre eux, comme les cubes de leurs côtés homologues; & c'est ce qui facilite la division de la ligne des solides.

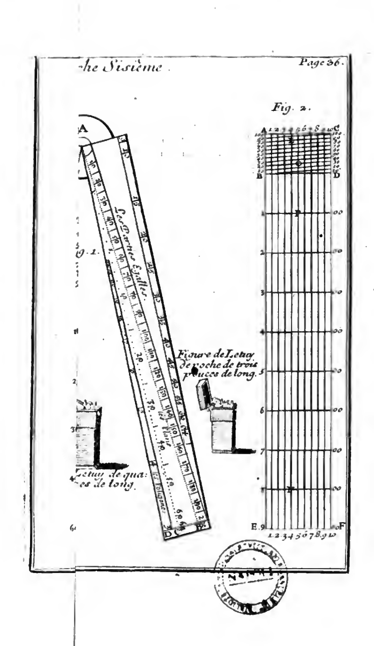
Preuve de la ligne des Métaux.

NOus avons déja dit ci-devant, que la division de cette ligne est fondée sur les expériences par lesquelles on a connu les différentes pesanteurs d'un pied cube de chacun des six métaux, comme ils sont ici marqués.

Métaux.	*Poids d'un pied cube.*	
Or	1326 livres	4 onces.
Plomb	802	2
Argent	720	12
Cuivre	627	12
Fer	558	0
Etain	516	2

Je vais ici rapporter comme de ces différens poids desdits métaux, on a calculé la table ci-devant rapportée des nombres, qui servent à marquer sur le compas de proportion les côtés homologues des corps semblables & d'égale pesanteur, faits desdits métaux.

Or comme l'étain est le moins pesant, il est évident que si, par exemple, on veut en faire une boule qui pese autant qu'une boule de fer ou de cuivre, celle d'étain doit être la plus grosse de toutes, & ensuite celle de fer plus grosse que celle de cuivre, & ainsi des autres jusqu'à celle d'or, qui seroit la plus petite. C'est pourquoi, supposant le diamétre de la boule d'étain de 1000 parties égales, il est question de trouver de combien de ces mêmes parties doit être le diamétre de la boule de fer, ou de celle de cuivre de


Fig. 2.
Les Parties Egalles
Figure de Letuy de poche de trois pouces de long.
Letuy de qua-
-es de long.
Le Poligone
A
B
C
D
E
F

pareille pesanteur : ce qui se peut trouver par l'analogie suivante, en se servant de la table des solides ci-devant marquée.

Il faut faire une régle de proportion, dont le premier terme soit toujours le poids du plus pesant des deux métaux que l'on veut comparer ensemble, le second terme, soit le poids de l'étain ; le troisiéme soit le nombre 64, qui est le plus grand solide de ladite table, auquel convient le nombre 1000. Si, par exemple, on veut comparer le fer, dont le pied cube pese 558 livres, avec l'étain dont le pied cube pese 516 liv. & 2 onces ; ayant réduit le tout en onces, les 558 liv. feront 8928 onces, & les 516 livres 2 onces feront 8258. Il faut donc dire : si 8928 donnent 8258, combien 64 ; la régle de trois étant faite, le quatriéme terme sera 59, & un petit reste ; je cherche dans ladite table des solides le 59, & le nombre correspondant est 973, au lieu duquel je prends 974, à cause de la fraction restée. C'est pourquoi je dis que le diametre de la boule de fer devroit être de 974 parties égales à celles dont le diametre de la boule d'étain est supposé. En faisant de la même maniere quatre autres régles de trois, on connoîtra si les nombres marqués vis-à-vis des quatre autres métaux sont bien calculés, & par conséquent si la ligne des métaux est bien divisée.

CHAPITRE II.

Des usages du Compas de proportion.

NOus ne rapporterons ici que les Usages qui sont les plus propres à cet instrument, & qui se font mieux par son moyen que par aucun autre.

SECTION PREMIERE.

Des usages de la ligne des parties égales.

USAGE PREMIER.

Diviser une ligne donnée en tant de parties égales qu'on voudra ; comme, par exemple, en sept.

PRenez avec un compas ordinaire l'étendue de toute la ligne proposée ; comme A B, & la portez sur la ligne des parties égales à un nombre de part & d'autre, qui se puisse facilement diviser par 7, comme pourroit être en cet exemple 70, dont la septiéme partie est 10, ou bien au nombre 140, dont la septiéme partie est 20. Ensuite laissant le compas de proportion ainsi ouvert, resserrez le compas commun jusqu'à ce que les deux pointes rencontrent les deux nombres 10, si l'on s'est servi du nombre 70, ou bien les deux nombres 20, si l'on a pris 140 pour l'étendue de toute la ligne, cette ouverture du compas marquée par la figure 2, sera la septiéme partie de la ligne proposée. VII. Planche. Fig. 1.

Si la ligne proposée à diviser étoit trop longue pour être appliquée sur les

jambes du compas de proportion, portez-en seulement une partie, comme la moitié ou le quart, que vous diviserez, comme il vient d'être dit, en 7, le double ou quadruple de cette septiéme partie divisera en 7 la grande ligne proposée.

USAGE II.

Etant données plusieurs lignes droites qui font la circonférence d'un polygone, l'une desquelles soit estimée contenir autant de parties égales qu'on voudra, trouver combien de ces mêmes parties sont contenues en chacune des autres lignes.

PRenez avec un compas commun la longueur de la ligne dont la mesure est connue, & la portez sur la ligne des parties égales à l'ouverture du nombre qui exprime la mesure ; le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, transportez-y la longueur de chacune des autres lignes, les nombres de l'ouverture que chacune comprendra, marqueront leur véritable longueur. Que si quelqu'une desdites lignes ne convient pas justement au même nombre de part & d'autre sur la ligne des parties égales, mais que, par exemple, une des pointes du compas tombant sur le nombre 29, l'autre tombe sur le nombre 30, cette ligne contiendra 29 & demi.

USAGE III.

Etant donnée une ligne droite, & le nombre des parties égales qu'elle contient, en retrancher une moindre ligne contenant tel nombre de ses parties que l'on voudra.

SOit pour exemple la ligne proposée de 120 toises, dont on en veut retrancher une ligne de 25. Prenez avec le compas commun la longueur de la ligne proposée ; ouvrez le compas de proportion de telle sorte que cette longueur convienne de 120 à 120 marqués sur les deux lignes des parties égales ; & ledit compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez sur la même ligne la distance de 25 à 25, que vous retrancherez de ladite ligne de 120 toises.

Par les trois usages précédens il est aisé de voir que la ligne des parties égales du compas de proportion peut très-commodément servir d'échelle pour toutes sortes de plans, pourvû qu'on sçache la quantité d'un de ses côtés, & que l'on peut par son moyen les réduire de petit en grand, ou de grand en petit.

USAGE IV.

A deux lignes droites données trouver une troisiéme proportionnelle, & à trois une quatriéme.

SI l'on ne propose que deux lignes, prenez avec un compas commun la longueur de la premiere, & la transportez sur une des jambes du compas de proportion depuis le centre le long de la ligne des parties égales,

pour en connoître la valeur, & du nombre où elle se terminera, ouvrez le compas de proportion, en sorte que la longueur de la seconde ligne convienne à son ouverture; ledit compas demeurant ainsi ouvert, portez la longueur de ladite seconde ligne sur une des jambes depuis le centre, & remarquez le nombre des parties égales où elle se termine, l'ouverture de ce nombre donnera la troisiéme ligne proportionnelle requise.

Soit pour exemple la premiere ligne proposeé A B, de 40 parties égales, & la seconde C D, de 20. Portez la longueur des 20 parties égales à l'ouverture de 40; & le compas restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de 20 à 20, cette ouverture sera la longueur de la troisiéme ligne proportionnelle que l'on cherche; & si vous la mesurez sur la ligne des parties égales depuis le centre, elle en contiendra 10: car 40 sont à 20, comme 20 sont à 10. *De la VII. Planche. Fig. 1.*

Que si à trois lignes données vous cherchez une quatriéme proportionnelle, portez, comme nous venons de dire, la seconde à l'ouverture de la premiere; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, portez la troisiéme ligne sur une de ses jambes depuis le centre; l'ouverture du nombre où elle se terminera, donnera la quatriéme requise.

Soit pour exemple la premiere de ces trois lignes de 60 parties égales, la seconde de 30, & la troisiéme de 50; portez la longueur de 30 parties égales à l'ouverture de 60; & le compas demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de 50, cette ouverture, qui contiendra 25, sera la quatriéme proportionnelle: car 60 sont à 30, comme 50 à 25. *Fig. 1.*

USAGE V.

Diviser une ligne donnée selon une raison donnée.

QU'il faille, par exemple, diviser la ligne donnée en deux parties, dont la raison soit égale à celle de 40 à 70; ajoûtez ensemble ces deux nombres, leur somme sera 110. Prenez avec un compas commun la longueur de la ligne proposée, que je suppose être de 165 parties égales; portez cette longueur à l'ouverture des nombres 110 de la ligne des parties égales; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des nombres 40 & 70, la premiere de ces deux ouvertures donnera 60, & la seconde 105, qui seront les parties de la ligne proposée à diviser, puisque 40 sont à 70, comme 60 sont à 105.

USAGE VI.

Ouvrir le Compas de proportion, en sorte que les deux lignes des parties égales fassent un angle droit.

CHoisissez trois nombres qui puissent exprimer les côtés d'un triangle rectangle, comme sont, par exemple, les nombres 3, 4, 5, ou leurs multiples; mais comme il est mieux de les prendre un peu grands, nous choisirons 60, 80 & 100. Prenez avec un compas commun la distance du centre du compas de proportion sur la ligne des parties égales jusqu'au nombre 100; ouvrez ensuite le compas de proportion de telle sorte qu'une

des pointes du compas commun tombe d'une part sur le nombre 60 des parties égales, & l'autre pointe sur le nombre 80 des mêmes parties égales de l'autre jambe ; alors le compas de proportion sera ouvert, de sorte que les deux lignes de parties égales feront un angle droit.

USAGE VII.

Trouver une ligne droite égale à la circonférence d'un cercle donné.

LE diametre d'un cercle est à sa circonférence environ comme 1000 à 314, ou comme 50 à 157 ; c'est pourquoi prenez avec un compas ordinaire la longueur du diametre du cercle proposé, & la portez sur les jambes de 50 à 50 de part & d'autre de la ligne des parties égales ; le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez avec ledit compas commun la distance de 157 à 157, vous aurez une ligne droite à peu près égale à la circonférence du cercle proposé : je dis à peu près, parce que la véritable proportion du diametre d'un cercle à sa circonférence, n'a point encore été trouvée géométriquement.

SECTION II.

Des usages de la ligne des plans.

USAGE PREMIER.

Augmenter ou diminuer toutes sortes de figures planes, selon une raison donnée.

SOit pour exemple proposé le triangle A B C, auquel on a dessein d'en faire un semblable qui soit triple en surface.

Fig. 4. Prenez avec un compas commun la longueur du côté A B ; portez-la sur la ligne des plans à l'ouverture du premier plan ; le compas de proportion restant ainsi ouvert, prenez avec le compas commun l'ouverture du troisiéme plan, & vous aurez la longueur du côté homologue audit côté A B ; vous trouverez de la même façon les côtés homologues aux deux autres côtés du triangle proposé, & de ces trois côtés vous formerez le triangle triple du proposé, comme il se voit en la figure 4 de la planche 7. Si le plan proposé a plus de trois côtés, réduisez-le en triangle par une ou plusieurs diagonales.

Si c'est un cercle que l'on veuille diminuer ou augmenter, il faut faire la susdite opération sur son diametre.

USAGE II.

Etant données deux figures planes semblables, trouver quelle raison elles ont entre elles.

PRenez lequel vous voudrez des côtés de l'une desdites figures, & le portez à l'ouverture de quelque plan ; prenez ensuite le côté homologue de l'autre figure, & voyez à l'ouverture de quel plan il convient ; les deux

deux nombres auſquels conviennent les deux côtés homologues expriment la raiſon des plans entre eux ; car ſi, par exemple, le côté *a b* de la plus petite convient au quatriéme plan, & que le côté homologue A B de l'autre convienne au ſixiéme, ces deux plans ſont entre eux comme 4 eſt à 6, c'eſt-à-dire, que le grand contient une fois & demie la ſurface du petit ; & ſi le petit plan contient vingt toiſes quarrées, le grand en contient trente, comme on le voit dans les figures.

Mais ſi le côté d'une figure ayant été mis à l'ouverture d'un plan, le côté homologue ne peut s'ajuſter à l'ouverture d'aucun nombre entier, il faudra mettre ledit côté de la premiere figure à l'ouverture de quelqu'autre plan, juſqu'à ce qu'on trouve un nombre entier, dont l'ouverture convienne à la longueur du côté homologue de l'autre figure, afin d'éviter les fractions.

Si les figures propoſées ſont ſi grandes, qu'aucun de leurs côtés ne ſe puiſſe appliquer à l'ouverture des jambes du compas de proportion, prenez les moitiés, tiers ou quarts de chacun des côtés homologues deſdites figures, & les comparant enſemble, vous aurez la proportion des plans.

USAGE III.

Ouvrir le compas de proportion, en ſorte que les deux lignes des plans faſſent un angle droit.

PRenez avec un compas commun ſur la ligne des plans depuis le centre l'étendue d'un nombre de plans tel que vous voudrez, comme, par exemple, 40 ; appliquez cette ouverture de compas ſur la même ligne des plans de part & d'autre à un nombre qui égale la moitié du précédent, comme eſt 20 en cet exemple ; alors les deux lignes des plans feront au centre du compas un angle droit, puiſque par la conſtruction de la ligne des plans, le nombre marqué 40, qui fait comme le plus grand côté d'un triangle, ſignifie un plan égal aux deux autres plans ſemblables marqués ſur les jambes du compas par les nombres 20. D'où il ſuit par la quarante-huitiéme du premier, que ledit angle eſt droit.

USAGE IV.

Conſtruire un plan ſemblable & égal à deux plans ſemblables donnés.

OUvrez le compas de proportion à angles droits par l'uſage précédent ; & portez deux côtés homologues tels que vous voudrez des deux plans propoſés ſur la ligne des plans depuis le centre, l'un ſur une jambe, & l'autre ſur l'autre jambe, la diſtance des deux nombres trouvés donnera le côté homologue d'un plan ſemblable & égal aux deux donnés.

Si, par exemple, le côté du moindre plan, étant porté ſur une des jambes du compas de proportion depuis le centre, rencontre le quatriéme plan, & que le côté homologue de l'autre plan porté ſur l'autre jambe, rencontre le neuviéme plan, la diſtance de 4 à 9, qui ſera égale au treiziéme plan, ſi le compas eſt ouvert, comme il eſt dit, ſera le côté homologue d'un plan égal aux deux propoſés, par le moyen duquel il ſera facile de conſtruire le plan ſemblable.

On peut par cet usage ajoûter ensemble tant de plans semblables que l'on voudra, en ajoûtant ensemble les deux premiers, puis à leur somme ajoûtant le troisiéme, & ainsi de suite.

USAGE V.

Etant donnés deux plans semblables & inégaux, en trouver un troisiéme aussi semblable & égal à leur différence.

OUvrez le compas de proportion, de sorte que les deux lignes des plans fassent un angle droit, & portez un côté du moindre plan sur une des jambes depuis le centre; portez ensuite le côté homologue du plus grand plan, en mettant une des pointes du compas commun sur le nombre où se termine le premier côté, son autre pointe rencontrera sur l'autre jambe le nombre du plan requis.

Si, par exemple, ayant porté le côté du moindre plan depuis le centre, on trouve qu'il tombe sur le nombre 9 d'une jambe du compas de proportion, prenez avec un compas ordinaire l'étendue du côté homologue du plus grand plan, en mettant une de ses pointes sur ledit nombre 9, l'autre pointe marquera sur l'autre jambe le nombre 4; c'est pourquoi prenant la distance dudit nombre 4 au centre du compas de proportion, vous aurez le côté homologue d'un plan semblable & égal à la différence des deux plans donnés, dont la raison est ici supposée de 9 à 13.

USAGE VI.

Entre deux lignes droites données, trouver une moyenne proportionnelle.

POrtez chacune des deux lignes données sur la ligne des parties égales du compas de proportion, afin de sçavoir le nombre que chacune en contient, & supposé, par exemple, que la moindre ligne soit de 20 parties égales, & la plus grande de 45, portez la plus grande, qui est 45, à l'ouverture du quarante-cinquiéme plan, qui dénote le nombre de ses parties; le compas de proportion restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture du vingtiéme plan, qui marque le nombre des parties égales de la plus petite ligne, cette ouverture qui doit contenir 30 des mêmes parties, donnera la moyenne proportionnelle: car 20 sont à 30, comme 30 sont à 45.

Mais comme le plus grand nombre de la ligne des plans est 64, si quelqu'une des lignes proposées contenoit un plus grand nombre de parties égales, on pourroit faire ladite opération sur leurs moitiés, tiers ou quarts en cette sorte. Supposant, par exemple, que la moindre des lignes proposées soit de 32, & l'autre de 72, portez la moitié de la grande ligne à l'ouverture du trente-sixiéme plan, & prenez l'ouverture du seiziéme, cette ouverture étant doublée donnera la moyenne proportionnelle que l'on cherche.

SECTION III.

Des usages de la ligne des polygones.

USAGE PREMIER.

Décrire un polygone régulier dans un cercle donné.

PRenez avec le compas commun la longueur du demi-diametre du cercle donné A C, & l'ajustez à l'ouverture du nombre 6 marqué de part & d'autre sur la ligne des polygones ; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des deux nombres égaux qui expriment le nombre des côtés du polygone que vous voulez décrire. Prenez, par exemple, l'ouverture de 5 à 5, pour décrire un pentagone ; de 7 à 7 pour un eptagone, & ainsi des autres. Cette ouverture étant portée autour de la circonférence du cercle, le divisera en autant de parties égales, & il sera facile de décrire tout polygone régulier depuis le triangle équilateral jusqu'au dodécagone, comme est décrit le pentagone en la figure sixiéme. Fig. 6. Planche. VI. Fig. 1.

USAGE II.

Sur une ligne donnée décrire un polygone régulier.

SI, par exemple, on veut décrire sur la ligne A B de la susdite figure 6 un pentagone, prenez avec un compas commun la longueur de ladite ligne, & l'ayant appliquée à l'ouverture des nombres 5 marqués de part & d'autre sur la ligne des polygones, laissez le compas de proportion ainsi ouvert, & prenez sur la même ligne l'ouverture de 6 à 6, qui sera le demi-diametre du cercle propre à décrire le pentagone régulier proposé ; c'est pourquoi si avec cette ouverture vous décrivez des extrémités de la ligne donnée A B deux arcs de cercle, leur intersection sera le centre dudit cercle.

Si l'on propose un eptagone, appliquez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture des nombres 7 marqués de part & d'autre sur la ligne des polygones, & prenez toujours l'ouverture de 6 à 6 pour trouver, comme dessus, le centre d'un cercle, dans lequel il sera facile d'inscrire l'eptagone, dont chaque côté sera égal à la ligne donnée.

USAGE III.

Couper une ligne donnée en moyenne & extrême raison, comme D E, fig. 7.

APpliquez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture des nombres 6 & 6 marqués de part & d'autre sur la ligne des polygones ; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des nombres 10, qui sont ceux du décagone. Cette ouverture donnera D F, qui sera la médiane, c'est-à-dire, le plus grand ségment de la ligne proposée, puisque la médiane du rayon d'un cercle coupé en moyenne & extrême raison, est la corde de 36 dégrés, qui est la dixiéme partie de sa circonférence. Planche. VI. Fig. 1.

Que si l'on ajoûte cette médiane au rayon du cercle, pour n'en faire qu'une ligne, ledit rayon deviendra la médiane, & la corde de 36 dégrés sera le petit ségment.

USAGE IV.

Sur une ligne donnée D F (figure 8) décrire un triangle isoscele, qui ait les angles de la base doubles de celui du sommet.

Fig. 8. Appliquez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture des nombres 10 marqués de part & d'autre sur la ligne des polygones; & le compas Planche VI. Fig. 1. de proportion restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des nombres 6, pour avoir la longueur des deux côtés égaux du triangle qu'on veut construire.

Il est évident que l'angle du sommet de ce triangle est de 36 dégrés, & que chacun des angles de la base est de 72 dégrés; or l'angle de 36 dégrés est l'angle du centre d'un décagone.

USAGE V.

Ouvrir le Compas de proportion, en sorte que les deux lignes des polygones fassent un angle droit.

Prenez avec le compas commun sur la ligne des polygones la distance depuis le centre du compas de proportion jusqu'au nombre 5, ouvrez ensuite le compas de proportion, de sorte que cette distance soit appliquée d'une part sur le nombre 6, & de l'autre part sur le nombre 10 des deux lignes des polygones, elles feront au centre un angle droit, parce que le quarré du côté du pentagone est égal au quarré du côté de l'exagone, & au quarré du côté du décagone.

SECTION IV.

Des usages de la ligne des cordes.

USAGE PREMIER.

Ouvrir le Compas de proportion, de sorte que les deux lignes des cordes fassent un angle de tant de dégrés qu'on voudra.

Prenez avec un compas ordinaire le long de la ligne des cordes la distance depuis le centre de la charniere jusqu'au nombre des dégrés proposés; ouvrez ensuite le compas de proportion, de sorte que cette distance s'accorde aux deux nombres 60 marqués de part & d'autre sur la ligne des cordes, elles feront l'angle requis.

Fig. 9. Si, par exemple, vous voulez qu'elles fassent un angle de 40 dégrés, comme en la figure 9 de la planche 7, prenez la distance du centre au nombre 40, & la portez à l'ouverture de 60 à 60. Si voulez un angle droit, prenez la distance du centre à 90 dégrés, & la portez pareillement à l'ouverture de 60 à 60, & ainsi des autres.

USAGE II.

Le Compas de proportion étant ouvert, trouver les dégrés de son ouverture.

PRenez l'ouverture de 60 dégrés, & la portez le long de la ligne des cordes depuis le centre, le nombre où elle se terminera, marquera les dégrés de son ouverture.

C'est sur la ligne des cordes que l'on place quelquefois des pinules pour mesurer un angle sur la terre, ou pour y en faire un d'autant de dégrés que l'on veut, en ajoûtant un genouil au compas de proportion, & le plaçant sur un pied, pour l'élever à la hauteur de l'œil, en pratiquant ce que nous venons de dire en ces deux usages; mais nous estimons qu'il est plus aisé de se servir d'un demi-cercle divisé pour faire ces sortes d'opérations.

USAGE III.

Sur une ligne droite donnée, faire un angle rectiligne d'autant de dégrés qu'on voudra.

DEcrivez sur la ligne donnée un arc de cercle ayant pour centre le point auquel vous voulez faire l'angle, portez le rayon dudit arc à l'ouverture de la corde de 60 à 60 dégrés; le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de la corde du nombre des dégrés proposés, & la portez depuis la ligne sur l'arc que vous avez décrit; tirez enfin une ligne droite du centre par l'extrémité de cet arc, pour former l'angle requis.

Soit proposé pour exemple de faire à l'extrémité B de la ligne A B, un angle de 40 dégrés; ayant fait dudit point B un arc de cercle à discrétion, portez-en le rayon toujours à l'ouverture de la corde de 60 dégrés, parce que le rayon d'un cercle est toujours égal à la corde de 60 dégrés du même cercle; prenez ensuite l'ouverture de la corde de 40 dégrés, & la portez sur l'arc de cercle C D; enfin tirant la droite du point B par le point D, vous aurez fait un angle de 40 dégrés: figure 10. Fig. 10.

On peut par cet usage tracer une figure, dont les angles & les côtés sont connus.

USAGE IV.

Etant donné un angle rectiligne, trouver combien de dégrés il contient.

DU sommet de l'angle donné comme centre, décrivez un arc de cercle, & portez son rayon à l'ouverture de la corde de 60 dégrés; prenez ensuite sur le papier la corde de l'arc décrit entre les côtés qui forment l'angle, & cherchez sur les jambes du compas de proportion à quelle ouverture elle convient, le nombre des dégrés vous indiquera la valeur dudit angle.

USAGE V.

Prendre sur la circonférence d'un cercle donné un arc d'autant de dégrés que l'on voudra.

APpliquez le rayon du cercle donné sur les jambes du compas de proportion, à l'ouverture de la corde de 60 dégrés ; & ledit compas demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de la corde du nombre de dégrés proposés, & la portez sur la circonférence du cercle donné.

On peut par cet usage inscrire dans un cercle toutes sortes de polygones réguliers, aussi-bien que par la ligne des polygones, en connoissant son angle du centre par la méthode & par la table ci-devant rapportée, en traitant de la construction de la ligne des polygones.

Fig. 11. Soit, par exemple, proposé de faire un pentagone régulier par la ligne des cordes. Ayant connu que son angle du centre est de 72 dégrés, portez le rayon du cercle à l'ouverture de la corde de 60 dégrés, & prenez ensuite l'ouverture de la corde de 72 dégrés, laquelle étant portée sur la circonférence du cercle donné, le divisera en cinq également, & les cinq cordes étant tracées, feront les côtés du pentagone.

USAGE VI.

Sur une ligne donnée FG, décrire un polygone régulier.

SI, par exemple, on propose de construire un pentagone, dont l'angle du centre est de 72 dégrés, portez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture de la corde de 72 dégrés, & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de la corde de 60 dégrés, avec laquelle, des extrémités de la ligne donnée, vous décrirez deux arcs de cercle, & le point de leur intersection D sera le centre d'un cercle, dont la circonférence sera divisée en cinq parties égales par la ligne donnée, & ladite corde de 60 dégrés sera égale au rayon de ce cercle.

SECTION V.

Des usages de la ligne des solides.

USAGE PREMIER.

Augmenter ou diminuer tous solides semblables selon une raison donnée.

Fig. 12. SOit proposé, par exemple, un cube, duquel on en demande un qui soit double en solidité. Prenez le côté du cube donné sur la ligne des solides à l'ouverture de tel nombre que vous voudrez, comme, par exemple, de 20 à 20 ; puis prenez l'ouverture d'un nombre double, comme est en cet exemple le nombre 40 ; cette ouverture est le côté d'un cube double du proposé.

Si l'on propose une boule ou sphere, & que l'on veuille en faire une autre qui soit trois fois plus grosse; portez le diametre de la boule proposée à l'ouverture de tel nombre qu'il vous plaira; comme, par exemple, de 20 à 20, & prenez l'ouverture de 60, ce sera le diametre d'une autre boule triple en solidité.

Si l'on propose encore un coffre parallelipipede rectangle qui contienne trois mesures de grain, & que l'on en veuille faire faire un autre semblable, qui en contienne cinq; portez la longueur de la base à l'ouverture du trentiéme solide, & prenez l'ouverture du cinquantiéme pour le côté homologue de celui qui est à faire; portez ensuite la largeur à l'ouverture du méme nombre 30, & prenez l'ouverture du cinquantiéme solide pour le côté homologue à ladite largeur; de ces deux ouvertures ayant construit un parallelograme, prenez enfin la profondeur dudit coffre, & l'ayant portée à l'ouverture du trentiéme solide, vous prendrez l'ouverture du cinquantiéme solide, pour avoir le côté homologue, c'est-à-dire, la profondeur, avec laquelle il sera facile de construire ledit parallelipipede rectangle, qui contiendra les cinq mesures proposées.

Si les lignes sont trop grandes pour être appliquées à l'ouverture du compas de proportion, prenez la moitié, tiers ou quart des unes & des autres; ce qui en proviendra après l'opération sera moitié, tiers ou quart des dimensions requises.

USAGE II.

Etant donnés deux corps semblables, trouver quelle raison ils ont entre eux.

Prenez lequel vous voudrez des côtés de l'un desdits corps proposés, & l'ayant porté à l'ouverture de quelque solide, prenez le côté homologue de l'autre corps, & voyez à quel nombre des solides il convient; les nombres ausquels ces deux côtés homologues conviennent, indiquent la raison des deux corps semblables entre eux.

Que si le premier ayant été mis à l'ouverture de quelque solide, le côté homologue du second ne peut s'accommoder à l'ouverture d'aucun nombre, portez le côté du premier corps à l'ouverture de quelque autre solide jusqu'à ce que le côté homologue du second corps s'accommode à l'ouverture de quelque nombre des solides.

USAGE III.

Construire & diviser une ligne servant à connoître les calibres des boulets & des canons.

L'Expérience nous ayant appris qu'un boulet de fer fondu de trois pouces de diametre pese quatre livres, il sera facile de trouver les diametres des autres boulets de differens poids & de meme métail, en cette maniere.

Portez l'étendue de trois pouces à l'ouverture du quatriéme solide, & sans changer l'ouverture du compas de proportion, prenez sur la méme ligne des solides les ouvertures de tous les nombres depuis un jusqu'à 64; portez toutes ces longueurs les unes après les autres sur une ligne droite

tracée sur une régle ou sur le long d'une des jambes du compas de proportion, & là où ces diametres se termineront, marquez-y les chifres qui feront connoître la pesanteur des boulets.

Pour marquer ensuite les fractions de la livre, comme un quart, une demie, trois quarts, portez le diametre du boulet d'une livre à l'ouverture du quatriéme solide, & prenez l'ouverture du premier solide pour le diametre d'un quart de livre, l'ouverture du second solide pour une demie, & celle du troisiéme pour trois quarts de livre, & ainsi du reste. Quand on connoît le calibre des boulets, on connoît aussi le calibre du canon auquel ces boulets sont propres, parce qu'ordinairement on donne deux ou trois lignes pour le vent des gros boulets, afin qu'ils puissent facilement y entrer, & les petits à proportion.

Les diametres des boulets se mesurent avec un compas sphérique, comme il sera plus amplement expliqué, en parlant des instrumens propres à l'artillerie.

USAGE IV.

Etant donnés plusieurs solides semblables, en construire un autre aussi semblable & égal aux donnés.

Portez lequel vous voudrez des côtés de quelqu'un des corps proposés à l'ouverture de quelque solide, & ajoûtez à l'ouverture des autres solides les côtés homologues des autres corps. Ajoûtez ensemble les nombres qui expriment ainsi leur proportion, & prenez l'ouverture de la somme provenue de cette addition, vous aurez le côté homologue d'un corps égal & semblable à tous les autres.

Supposons, par exemple, que le côté choisi du premier corps étant porté à l'ouverture du cinquiéme solide, les côtés homologues des autres conviennent, l'un à l'ouverture du septiéme, & l'autre à celle du huitiéme solide. J'ajoûte ensemble ces trois nombres 5, 7 & 8, & leur somme est 20; c'est pourquoi l'ouverture du 20me solide sera le côté homologue d'un corps égal & semblable aux trois autres.

USAGE V.

Etant donnés deux corps semblables & inégaux, en trouver un troisiéme aussi semblable & égal à la différence des donnés.

Portez lequel côté vous voudrez de l'un des corps à l'ouverture de quelque solide que ce soit, & voyez à quelle autre ouverture convient le côté homologue de l'autre corps; ôtez le moindre nombre du plus grand, & prenez l'ouverture du nombre restant, vous aurez le côté homologue du corps égal à la différence des deux.

Si, par exemple, le côté du plus grand étant porté à l'ouverture du quinziéme solide, le côté homologue du moindre convient à l'ouverture du neuviéme, ôtant 9 de 15 reste 6; c'est pourquoi l'ouverture du sixiéme solide donnera le requis.

USAGE

USAGE VI.

Entre deux lignes données, trouver deux moyennes proportionnelles.

SOient proposées pour exemple deux lignes, dont l'une contienne 54 parties égales, & l'autre 16; ouvrez le compas de proportion, & portez la longueur de la ligne qui contient 54 parties égales à l'ouverture du cinquante-quatriéme solide, & prenez l'ouverture du seiziéme, cette ouverture sera la plus grande des deux moyennes proportionnelles qu'on cherche; ensuite portez cette ligne, qui en cet exemple contient 36 des mêmes parties égales à l'ouverture dudit cinquante-quatriéme solide, ce qui se fait en resserrant les jambes du compas de proportion; & prenant une seconde fois l'ouverture du seiziéme solide, vous aurez la moindre des deux moyennes proportionnelles qu'on cherche, laquelle en cet exemple contiendra 24 des mêmes parties égales, tellement que ces quatre lignes seront en proportion continue, & en même raison que ces quatre nombres 54, 36, 24, 16.

Si les lignes sont trop longues, ou les nombres de leurs parties égales trop grands, il ne faut que prendre leurs moitiés, tiers, ou quarts, &c. & operez comme dessus. Si, par exemple, on cherche deux moyennes proportionnelles entre deux lignes, dont l'une contient 32, & l'autre 256, je prends le quart de chacune de ces lignes, qui sera 8 & 64, je porte le premier nombre 8 à l'ouverture du huitiéme solide, & je prends l'ouverture du 64, qui me donne 16 pour la premiere des deux moyennes proportionnelles; puis je porte la longueur de la ligne de 16 à l'ouverture du huitiéme solide, & l'ouverture du soixante-quatriéme me donne une ligne de 32 parties égales; après quoi je multiplie ces deux nombres trouvés par quatre, pour les remettre en leur entier, tellement qu'entre les deux lignes proposées la premiere des deux moyennes est de 94, la seconde de 128, & ces quatre lignes en proportion continue sont en même raison que ces quatre nombres 32, 64, 128, 256.

USAGE VII.

Etant donné un parallelipipede, trouver le côté d'un cube qui lui soit égal.

CHerchez un moyen proportionnel entre les deux côtés de la base du parallelipipede, puis entre la valeur du nombre trouvé & la hauteur du parallelipipede cherchez le premier des deux nombres moyens proportionnels, lequel sera le côté du cube cherché.

Soient les deux côtés d'un parallelipipede 24 & 54, & sa hauteur 63; on demande le côté d'un cube qui lui soit égal; je porte la ligne de 54 parties égales à l'ouverture du cinquante-quatriéme plan, & je prends l'ouverture du vingt-quatriéme, laquelle portée sur la ligne des parties égales me donne 36 pour moyen proportionnel; ensuite je porte 36 à l'ouverture du trente-sixiéme solide, & je prends l'ouverture du soixante-troisiéme, qui me donne un peu moins de 44 & demi pour le côté du cube égal au parallelipipede proposé.

USAGE VIII.

Construire & diviser une jauge, pour mesurer les tonneaux & tous vaisseaux semblables propres à contenir des liqueurs.

LA jauge, dont je prétends parler ici, est une régle de quelque métail divisée en certaines parties, qui marquent le nombre des pintes contenues dans le tonneau, l'ayant fait entrer par le bondon, jusqu'à ce que son extrémité touche l'angle que fait le fond avec les douves dans la partie Fig. 13. la plus éloignée du bondon, comme on voit la ligne A C, située en forme de diagonale.

Cette jauge étant ainsi posée, la division qui répond au milieu de l'ouverture du bondon au-dedans du tonneau, marque le nombre des pintes qu'il contient.

Mais il est à propos de rechanger la position de ladite verge, en sorte que son extrémité C touche l'angle de l'autre fond B, afin de connoître si l'ouverture du bondon est justement au milieu : car s'il se trouve quelque différence, il en faut prendre la moitié.

L'usage de cette jauge est très-facile, puisque sans calcul on trouve d'abord la capacité des tonneaux ; toute l'adresse consiste à la bien diviser.

Pour cet effet on peut faire construire un petit baril contenant un septier, c'est-à-dire huit pintes, lequel soit parfaitement semblable aux tonneaux qui sont en usage dans le pays : car cette jauge ne peut être juste que dans des tonneaux semblables, c'est-à-dire, qui ont les diametres des fonds, & celui à l'endroit du bondon avec la longueur dans les mêmes proportions que celui qui a servi pour les divisions.

Supposons, par exemple, que le diametre de chacun des fonds d'un tonneau soit de vingt pouces, le diametre de la coupe à l'endroit du bondon de vingt-deux pouces, & sa longueur intérieure de trente pouces, ce vaisseau contiendra vingt-sept septiers, mesure de Paris, comme sont les demi-queues d'Orleans ; & sa mesure diagonale, qui répond au milieu de l'ouverture du bondon, sera de vingt-cinq pouces neuf lignes & demie, comme il est aisé de trouver par le calcul, puisque dans le triangle rectangle A D C, Fig. 13. on connoît le côté C D 15 pouces, & D A 22, & qu'ajoûtant leurs quarrés, on aura par la quarante-septiéme du premier livre d'Euclide le quarré de la diagonale ou hypotenuse A C, & ensuite sa racine.

Suivant les mêmes proportions un baril dont les dimensions seroient le tiers des précédentes, contiendroit un septier ou huit pintes, c'est-à-dire, que le diametre de chacun des fonds seroit de six pouces huit lignes, celui du milieu de sept pouces quatre lignes, sa longueur intérieure de dix pouces, & sa diagonale seroit de huit pouces sept lignes.

Un autre baril dont les dimensions seroient moitié de celles-ci, contiendroit une pinte, c'est-à-dire, si le diametre de chacun des fonds est de trois pouces quatre lignes, celui du milieu sous le bondon de trois pouces huit lignes, & la longueur intérieure du baril de cinq pouces, la diagonale qui répond au milieu de l'ouverture du bondon sera de quatre pouces trois lignes & demie.

Prenez donc une verge ou régle longue de trois à quatre pieds, &

servez-vous de laquelle vous jugerez à-propos de ces trois mesures; par exemple, si vous voulez y marquer les septiers, marquez un point au milieu de sa largeur distant d'un des bouts de huit pouces sept lignes; pour y marquer un septier, doublez cette mesure, & y marquez huit septiers; triplez la même mesure, & y marquez vingt-sept septiers; quadruplez-la, & y marquez soixante-quatre septiers, parce que les solides semblables sont entre eux comme les cubes de leurs côtés homologues.

Pour y marquer ensuite les autres nombres de septiers, prenez avec un compas commun la longueur de huit pouces sept lignes, & l'ayant portée à l'ouverture du premier solide, arrêtez fixément en cet état les deux régles ou jambes du compas de proportion, & prenez l'ouverture du second solide, pour marquer sur ladite jauge l'étendue qui convient à deux septiers.

Prenez de même l'ouverture du troisiéme solide, pour marquer sur la jauge l'étendue de la diagonale qui convient à trois septiers, & ainsi de suite; par ce moyen la jauge sera divisée de septier en septier.

On pourra avec la meme facilité y marquer les pintes: car, par exemple, la moitié de l'étendue qui convient à deux septiers servira pour y marquer deux pintes; la moitié de l'étendue des trois septiers servira pour y marquer trois pinres; la moitié de la diagonale de quatre septiers sera celle de quatre pintes, & ainsi du reste.

Si le compas de proportion n'est point assez grand pour porter la mesure diagonale d'un septier à l'ouverture du premier solide, on y portera celle d'une pinte; & ayant marqué sur la jauge autant de pintes qu'on pourra, on aura les diagonales des septiers de même nombre, en doublant les mesures des pintes; ainsi, par exemple, si on double la diagonale de six pintes, on aura celle de six septiers; si on double la mesure de sept pintes, on aura celle de sept septiers, & ainsi de toutes les autres mesures.

Si la mesure diagonale d'une pinte est encore trop grande pour être portée à l'ouverture du premier solide, on y portera sa moitié; & le compas de proportion restant ainsi ouvert, on prendra l'ouverture du second solide, que l'on doublera pour avoir la diagonale de deux pintes; ayant pris de même l'ouverture du troisiéme solide, on la doublera pour marquer sur la jauge la diagonale de trois pinres, & ainsi du reste.

Les marques des septiers traverseront toute la largeur de la verge, & sur icelles on gravera les chifres qui expriment leurs nombres; & les marques des pintes seront plus petites, pour les distinguer.

Afin que cette jauge puisse servir à mesurer plusieurs sortes de tonneaux dissemblables, on pourra marquer d'autres divisions sur chacune de ses faces, suivant les proportions des diametres & longueurs des différentes especes de tonneaux usités dans le pays, & l'on marquera sur un des bouts de chaque face les diametres & longueurs qui ont servi à faire les divisions; par exemple, au bout de la face, où l'on aura marqué la division précédente, on écrira, *diametre des fonds* 20, *diametre du milieu* 22, *longueur* 30; ou pour abréger, *diametre réduit* 21, *longueur* 30.

Si pour les divisions d'une autre face on se sert des mesures d'un tonneau, dont le diametre de chaque fond soit de vingt & un pouces, celui du milieu vingt-trois, & la longueur intérieure vingt-sept pouces & demi, ce tonneau plus court que l'autre, mais plus gros, contiendroit à peu près la même quantité, c'est-à-dire, vingt-sept septiers, & sa diagonale seroit de vingt-six pouces.

Si un autre tonneau a toutes ses dimensions du tiers des précédentes, il contiendra un septier, & sa diagonale A C sera de huit pouces huit lignes; au moyen de quoi il sera facile de faire les divisions, comme nous avons dit ci-devant, & de marquer sur ladite face, *diametre réduit* 22, *longueur* 27 *& demi.*

Si l'on fait quatre divisions différentes sur les quatre faces de la régle, on aura sur cette même régle quatre différentes jauges qui serviront à mesurer quatre especes différentes de tonneaux, & l'on choisira celle qui conviendra le mieux pour jauger ceux qui se présenteront, en examinant les proportions de leurs diametres & longueurs.

Au lieu de se servir des jambes du compas de proportion pour diviser la jauge diagonale dont nous venons de parler, on peut encore mieux se servir de la table des solides rapportée à la page 32. Ainsi ayant reconnu par le calcul, que la diagonale d'un tonneau qui contient 27 septiers, est de 26 pouces, il sera facile de trouver les autres diagonales des tonneaux de toute grandeur proposée, qui auront les mêmes proportions du diametre réduit à la longueur, comme de 22 à 27 & demi; ou pour abreger, comme de 4 à 5.

Soit proposé pour exemple, à trouver la diagonale d'un quarteau contenant 9 septiers; cherchez dans la susdite table le nombre qui répond au neuviéme solide, vous trouverez 520; cherchez en méme tems le nombre correspondant au vingt-septiéme solide, vous y trouverez 750; formez-en la regle de trois, de la maniere qui suit:

750. 520. 26. 1. 8.

La régle étant faite, vous trouverez 18 pouces pour diagonale de 9 septiers. Les Tonneliers des environs de Paris font à peu près leurs tonneaux dans les proportions de 4 à 5; comme feroit, par exemple, un demi-muid ayant 19 pouces 2 lignes de diametre réduit, & 24 pouces de longueur intérieure, & dans ce cas sa diagonale feroit de 22 pouces 8 lignes & demie, comme il est aisé de le connoître par le calcul.

L'autre espece de tonneau, dont il est parlé à la page 50, est plus longue; car son diametre réduit est à sa longueur intérieure comme 7 à 10.

Mais en général, si-tôt qu'on a reconnu les proportions usitées dans un pays pour la fabrique des tonneaux, on trouvera premierement la diagonale d'un vaisseau contenant certain nombre de septiers, par la quarante-septiéme du premier Livre d'Euclide, ou bien par l'expérience, & ensuite les diagonales de tous les autres tonneaux faits dans les mêmes proportions, par le moyen de la susdite table des solides.

SECTION VI.

Contenant la construction & l'usage de plusieurs autres sortes de jauges.

LA jauge que nous avons ci-devant expliquée n'est propre qu'à mesurer des vaisseaux semblables; mais celles dont nous allons parler, peuvent servir à mesurer toutes sortes de vaisseaux cylindriques, quoiqu'ils ne soient pas semblables.

Ces méthodes de jauger sont fondées sur la supposition que le tonneau

est égal au cylindre qui a sa hauteur égale à la longueur intérieure du tonneau, & sa base égale au cercle dont le diametre est moyen proportionnel arithmétique entre les diametres à l'endroit des fonds, & celui du milieu sous le bondon : ce qui est assez exact pour la pratique, principalement lorsqu'il y a un peu de différence entre les cercles des fonds & celui du milieu du tonneau.

Pour construire la premiere sorte de jauge, il faut déterminer la mesure dont on veut se servir, en la comparant avec quelque vase régulier, comme un cylindre concave, dans lequel on versera une mesure du pays remplie d'eau ou de quelque autre liqueur, dont on marquera exactement le diametre & la profondeur occupée par ladite liqueur.

Si, par exemple, on veut faire cette jauge pour Paris, où la pinte contient quarante-huit pouces cubiques, ou bien soixante & un pouces cylindriques, on trouvera par le calcul, qu'un cylindre concave ayant trois pouces onze lignes & un tiers de diametre & autant de profondeur, contient une pinte, mesure de Paris; qu'un cylindre dont les mesures sont doubles, c'est-à-dire, de sept pouces dix lignes & deux tiers, contient un septier ou huit pintes; car les solides semblables sont entre eux comme les cubes de leurs côtés homologues.

Cela supposé, portez cette longueur de 3 pouces 11 lignes 1 tiers sur une des faces de la jauge, autant de fois qu'elle y pourra être comprise, & y marquez des points, où vous écrirez 1, 2, 3, 4, 5, &c. vous subdiviserez chacune de ces parties en quatre, ou plus, si vous voulez. Cette face ainsi divisée, sera appellée côté des parties égales, & servira à mesurer la longueur des tonneaux. Fig. 14.

Il faut aussi marquer sur une autre face de la jauge le diametre du même cylindre, que nous supposons pareillement de trois pouces onze lignes & un tiers, & ensuite les diametres des cercles doubles, triples, quadruples, &c. par quelqu'une des méthodes ci-devant expliquées pour diviser la ligne des plans du compas de proportion, dont la plus facile & la plus courte est de faire un triangle isoscele rectangle A B C, dont chacune des jambes autour de l'angle droit soit de trois pouces onze lignes un tiers, l'hypotenuse B C sera le diametre d'un cercle double; c'est pourquoi ayant prolongé vers D une desdites jambes A B, autant qu'il est besoin pour y marquer tous les diametres des tonneaux qu'on veut mesurer, vous porterez de A vers D ladite hypotenuse, & au point où elle se terminera vous marquerez le chifre 2; prenez ensuite la distance C 2, & l'ayant portée sur la ligne A D, vous marquerez le chifre 3 au point où elle se terminera; prenez de même la distance C 3, & l'ayant portée sur la ligne A D, vous y marquerez le chifre 4, & ainsi de tous les autres diametres que vous voudrez marquer sur la jauge. Fig. 15.

Remarquez que la ligne A 4, qui est le diametre d'un cercle quadruple du premier, est double de A C, ou A B, parce que les cercles sont entre eux comme les quarrés de leurs diametres. Or A B étant 1, son quarré est 1, & la ligne A 4 étant supposée 2, son quarré est 4.

Pour vous servir de cette jauge, appliquez le côté des parties égales sur la longueur extérieure du tonneau, dont il faudra diminuer la profondeur des jables de chaque fond, & l'épaisseur des douves qui composent les mêmes fonds, afin d'avoir au juste sa longueur intérieure.

Appliquez ensuite le côté des diametres de ladite jauge sur le diametre des fonds du tonneau, & remarquez le nombre qui leur convient, & s'ils sont égaux ou non; car s'il y a quelque différence entre les diametres du fond, il faut les égaler, en prenant la moitié de leur somme.

Faites encore entrer la jauge à plomb par le trou du bondon, afin d'avoir le plus grand diametre intérieur de la coupe du milieu, que vous ajouterez avec le diametre des fonds & en prendrez la moitié, pour avoir un diametre moyen arithmétique, lequel étant multiplié par la longueur intérieure du tonneau, le produit vous marquera le nombre des mesures qu'il contient.

Soit pour exemple la longueur intérieure d'un tonneau de quatre mesures & trois quarts, après en avoir diminué deux pouces de chaque côté sur la longueur extérieure, sçavoir un pouce & demi pour la profondeur des jables, & demi-pouce pour l'épaisseur des douves qui composent les fonds: soit aussi le diametre de chaque fond 15 & le diametre du milieu 17 parties, j'additionne 15 & 17, la somme est 32, dont la moitié est 16, que je multiplie par la longueur 4 & trois quarts, & le produit 76 sera le nombre des pintes ou mesures contenues dans le tonneau proposé.

Pour la seconde sorte de jauge, on trouve par le calcul qu'un cylindre qui a pour diametre 3 pieds 3 pouces & 6 lignes & autant pour sa hauteur, contient mille pintes, mesure de Paris.

Prenez donc sur une régle une longueur de 3 pieds 3 pouces & 6 lignes; divisezcette longueur en dix; alors chacune de ces parties sera le diametre, & la hauteur d'un cylindre contiendra une pinte, puisque les solides semblables sont entre eux comme les cubes de leurs côtés homologues: subdivisez encore chacune de ces parties en dix, ce qui se pourra facilement faire par le moyen de la ligne des parties égales du compas de proportion; chacune de ces dernieres parties sera la hauteur, le diametre d'un cylindre solide contenant la milliéme partie d'une pinte. Vous ajoûterez ces petites parties jusqu'au bout de votre régle, & les ayant chifrées de cinq en cinq, votre jauge sera faite. Vous lui pourrez donner quatre à cinq pieds de long, si vous voulez qu'elle serve pour mesurer de grands vaisseaux, comme sont les pipes, &c.

Fig. 16.

Pour vous en servir, voyez combien les diametres des fonds & de la bonde, comme aussi la longueur du vaisseau, contiennent de petites parties de votre jauge.

Par la longueur du vaisseau, il faut entendre la longueur intérieure, qui est l'espace compris en ligne droite entre les fonds; & par les diametres, on entend les diametres pris en dedans entre les douves.

Si les diametres des fonds sont égaux, composez l'un d'eux avec le diametre de la coupe du milieu, à l'endroit du bondon, & le milieu entre les deux s'appellera le diametre égalé du tonneau.

Si les diametres des fonds ne sont pas égaux, ajoûtez-les ensemble, & prenez-en la moitié, qui s'appellera le diametre égalé des fonds; comparez ensuite le diametre égalé avec le grand diametre du milieu au-dessous du bondon; ajoûtez-les ensemble, & prenez la moitié de leur somme, pour avoir le diametre égalé du vaisseau.

Multipliez le diametre égalé du vaisseau par lui-même, & le produit par la longueur, vous aurez le nombre de milliéme de pintes contenues dans le vaisseau; tranchez donc les trois dernieres figures vers la droite, les restantes montreront combien ledit vaisseau contient de pintes.

Soit pour exemple le diametre de chaque fond, 58 parties de ladite jauge, & le diametre du milieu 62, ajoûtez ensemble ces deux nombres, vous aurez 120, dont la moitié 60 est le diametre égalé du vaisseau; multipliez ce nombre par lui-même, pour avoir son quarré 3600; supposons la longueur intérieure du vaisseau 80 des mêmes parties; multipliez 3600 par 80, & le produit sera 288000, dont ayant retranché les trois dernieres figures, on connoîtra que ce vaisseau contient 288 pintes, mesure de Paris.

Ces méthodes de jauger sont assez exactes dans la pratique, lorsqu'il y a peu de différence entre les cercles des fonds & celui du milieu du tonneau, comme aux muids qui se font aux environs de Paris; mais lorsque la différence est considérable, comme elle est aux pipes d'Anjou, dont le diametre du milieu est beaucoup plus grand que celui des fonds, la mesure faite par les méthodes que nous venons de donner, seroit un peu plus petite que la véritable; mais pour en approcher & la rendre plus juste, divisez en sept la différence qui fait l'excès du diametre du milieu, & ajoûtez-en quatre au diametre égalé des fonds; comme si, par exemple, le diametre des fonds étoit de 50 petites parties, & celui du milieu de 57 des mêmes parties, vous en prendrez 54 pour le diametre égalé du vaisseau, & ferez le reste, comme il a été dit ci-devant.

Ayant connu par la jauge combien un tonneau contient de pintes de Paris, on pourra trouver ce que le même vaisseau contient de toute autre mesures par la méthode suivante.

La pinte d'eau douce, mesure de Paris, pese trente & une onces poid de marc: c'est pourquoi il n'y aura qu'à faire peser dans le pays où l'on se trouvera, la mesure d'eau, & par une régle de proportion on trouvera ce que l'on cherche.

Si, par exemple, la mesure d'eau de quelque pays pese cinquante onces, & que l'on veuille sçavoir combien de pareilles mesures sont contenues dans un muid qui contient 288 pintes, mesure de Paris, on dira par une régle de trois: comme 50 font à 31, ainsi 288 pintes font à un quatriéme nombre; la régle étant faite, on trouvera 178 mesures & demie.

On pourroit marquer sur une des faces de ladite jauge les pieds & pouces, & subdiviser chaque pouce en quatre: ce qui donneroit un second moyen de jauger les tonneaux, qui servira comme de preuve. On marquera les pieds par des chifres romains, & les pouces par d'autres chifres plus petits.

Nous avons dit ci-devant que la pinte de Paris contient 61 pouces cylindriques. C'est pourquoi ayant réduit la solidité du vaisseau en pouces cylindriques, il faudra les diviser par 61, pour avoir le nombre des pintes qu'il contient. Un exemple ou deux vont donner tout l'éclaircissement nécessaire.

Soit, par exemple, la longueur intérieure d'un tonneau 36 pouces, le diametre des fonds 23 pouces, & celui du milieu du tonneau 25. Ajoûtez ces deux diametres, leur somme est 48, dont la moitié est 24 pour le diametre égalé. Multipliez ce nombre 24 par lui-même, le produit est 576; & le multipliez encore par 36, vous trouverez 20736 pouces cylindriques, lesquels étant divisés par 61, le quotient est 339 pintes & environ trois quarts.

Si les mesures dont on s'est servi pour la longueur & les diametres font

des quarts de pouce, on divisera le dernier produit par 3904, pour avoir le nombre des pintes.

Soit, par exemple, la longueur intérieure du vaisseau proposé 35 pouces & un quart, le diametre des fonds 23 pouces, & celui du milieu 25 pouces & demi; ajoûtez ensemble ces deux diametres, leur somme sera 48 & demi, & sa moitié 42 un quart, lesquels pour la facilité du calcul vous réduirez en quarts, le nombre est 97 qu'il faut multiplier par lui-même, & le produit sera 9409, lesquels il faut multiplier par 141, à quoi se réduisent les 35 pouces & un quart de longueur, alors ce dernier produit sera 1326669, lequel étant divisé par 3904, le quotient sera, comme ci-devant, 339 pintes & environ trois quarts.

Construction & usage d'une nouvelle jauge.

MOnsieur Sauveur, Professeur Royal & de l'Académie des Sciences, a bien voulu nous communiquer une nouvelle jauge de son invention, par le moyen de laquelle on trouve par la seule addition le contenu de toutes sortes de tonneaux, au lieu que toutes les manieres de jauger, qui ont paru jusqu'à présent, ne se peuvent exécuter que par des mutiplications & divisions.

De la VII. Planche. Fig. 17. Pour construire cette jauge, choisissez une piece de bon bois sec & sans nœuds, comme de cormier ou poirier, longue d'environ 5 pieds en forme de parallelipipede rectangle, & de 6 ou 7 lignes d'épaisseur à chacune des ses quatre faces, qui doivent être égales. La figure 17 montre à peu près le dévelopement de ces quatre faces.

Sur la premiere de ces quatre faces on marquera des nombres qui serviront à mesurer les diametres des tonneaux.

Les divisions de la seconde face serviront à mesurer leurs longueurs.

Les divisions de la troisiéme face feront pour le contenu des tonneaux.

Enfin, on trouvera sur la quatriéme face le nombre des septiers & pintes qu'ils contiennent.

Ces divisions se feront en la maniere qui suit.

Divisez premiérement la quatriéme face de pouce en pouce, & chaque pouce en dix parties égales. Ces petites divisions marqueront des pintes, chifrant 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. & de 8 en 8 ce seront des septiers, puisqu'un septier contient huit pintes. Sur un des bouts de cette quatriéme face on écrira, *pintes* & *septiers.*

On divisera les trois autres faces par le moyen des logarithmes, comme nous allons l'expliquer.

Les divisions de la quatriéme face serviront d'échelle pour la troisiéme qui lui doit être contigue.

Division de la troisiéme face pour le contenu.

POur placer un nombre sur la troisiéme face, comme 240, cherchez dans les logarithmes 2.40, ou le nombre qui en approche le plus, vous le trouverez vis-à-vis 251; mettez donc 240 dans la troisiéme face vis-à-vis 251 pintes de la quatriéme face, & ainsi des autres.

J'ai

J'ai dit le nombre qui en approche le plus, car je ne trouve pas justement 2 40 vis-à-vis de 251, mais en sa place je trouve 2 3996 qui en approche, puisqu'il ne s'en manque que quatre unités, en négligeant les trois derniéres figures du nombre entier marqué dans les tables des logarithmes.

Cependant pour ne rien négliger de l'exactitude nécessaire, en faisant ces divisions, j'ajoûte 1 au premier chifre ; & au lieu du logarithme 240, je cherche 340, vis-à-vis duquel je trouve 2512, qui signifie qu'il faut placer le logarithme 240 vis-à-vis de 251, division des pintes, & deux parties davantage d'une pinte, qu'on doit supposer être divisée en dix. Sur un des bouts de la troisiéme face on écrira *Contenu*.

Division de la seconde face pour les longueurs.

UN vaisseau cylindrique ayant 3 pouces 11 lignes & 1 tiers de diametre, & autant de profondeur ou de longueur, contient une pinte, mesure de Paris ; c'est pourquoi la premiere partie de la seconde face qui est sans division, doit être de cette longueur qu'il faut poser dix fois & plus, si l'on veut, le long de ladite face, en marquant seulement des points occultes. Une de ces parties doit être divisée en cent sur une régle séparée qui servira d'échelle.

Pour placer un nombre sur la seconde face comme 60, cherchez dans les logarithmes le nombre 60, qui se trouvera entre 39 & 40, ou plûtôt vis-à-vis de 3981, sans avoir égard aux chifres 1, 2, 3, qui le précédent, & qui se nomment Lettres caractéristiques. C'est pourquoi je prends 98 ou 981, en estimant une partie divisée en dix sur la petite échelle divisée en 100, & je pose cet intervalle après le troisiéme point occulte qui marque trois centaines ou trois mille. Il faut ainsi marquer toutes les divisions de cinq en cinq, & les subdiviser en cinq parties égales. Enfin, sur le bout de cette face, on écrira *Longueurs*.

Division de la premiere face pour les Diametres.

LA premiere partie de cette face qui est sans division, représente le diametre d'un vaisseau cylindrique contenant une pinte, mesure de Paris ; c'est pourquoi la longueur doit être de trois pouces onze lignes un tiers, de même que la premiere partie de la seconde face.

Pour le reste, portez-y les divisions de la seconde face ; mais au lieu d'écrire 5, 10, 15, 20, 25, &c. écrivez-y leur double 10, 20, 30, 40, 50, &c. & subdivisez les intervalles en 10, & sur le bout de cette face écrivez *Diametres*.

USAGE.

MEsurez avec la premiere face *des diamétres* le diametre moyen du tonneau : marquez ce diametre par les nombres de la jauge, ajoûtant les subdivisions par 10, qui ne sont pas marquées ; je suppose que le diametre moyen tombe sur 153,00

Meſurez de même la longueur intérieure du vaiſſeau avec la ſeconde face *des longueurs*, je ſuppoſe qu'elle tombe ſur 92 85

Ajoûtez enſemble ces deux logarithmes,

153	00
92	85
245	85

Cherchez cette ſomme 245 85 ſur la troiſiéme face du contenu, vous trouverez vis-à-vis ſur la quatriéme face 36 ſeptiers ou 288 pintes de Paris.

Pour rendre cette meſure générale.

PEſez une pinte d'eau douce, meſure du pays; je ſuppoſe qu'elle peſe cinquante onces, poids de marc.

Cherchez 31 onces, poids de la pinte de Paris ſur la quatriéme face *des ſeptiers*, ce nombre 31 répondra vis-à-vis de 239, 4 de la troiſiéme échelle.

Cherchez de même 50 ſur la quatriéme face, il répond vis-à-vis de 260 2

De	260	2	Il faut enſuite de	245	85	trouvés ci-devant,
Otez	239	4	Oter	20	80	
Reſtera	20	8	Reſtera	225	05	

Vis-à-vis de ce nombre 225 05 pris dans la troiſiéme échelle du contenu, vous trouverez dans la quatriéme échelle 22 ſeptiers 2 pintes, ou 178 pintes du pays propoſé, & ainſi des autres.

Des différentes meſures du Vin.

LE poiſſon eſt la plus petite meſure dont on ſe ſert pour meſurer le vin à Paris, il contient environ un verre de ſeugere d'une moyenne grandeur. Deux poiſſons ſont le demi-ſeptier.

La chopine contient deux demi-ſeptiers.

La pinte deux chopines.

Nous avons dit ci-devant ce que la pinte contient de pouces.

La quarte contient deux pintes.

Le ſeptier, huit pintes de Paris.

Le quarteau contient neuf ſeptiers.

Le demi-muid, dix-huit ſeptiers; & le muid, trente-ſix.

La demi-queue de Champagne contient vingt-quatre ſeptiers.

La demi-queue d'Orleans, vingt-ſept ſeptiers.

La demi-queue de Beaune, trente ſeptiers.

Le buffard d'Anjou eſt de trente à trente-deux ſeptiers, & le gros buffard en contient trente-ſix à quarante.

Le muid de Mantes contient trente-neuf à quarante ſeptiers.

La pipe, cinquante-quatre ſeptiers.

Et la pipe de Coignac, ſoixante-ſix à ſeptante ſeptiers.

Il y a encore d'autres meſures rondes ou cylindriques qui ſervent à meſurer les grains, le ſel, les fruits & d'autres choſes ſemblables.

Le litron, dont on ſe ſert à Paris, contient trente-ſix pouces cubes, les demis & quarts à proportion.

Le boisseau contient seize litrons.

Le minot de sel contient quatre boisseaux, & doit peser cent livres.

Le minot de bled contient trois boisseaux.

Le septier contient quatre minots ou douze boisseaux.

Le muid est de douze septiers, mais celui d'avoine est double de celui de bled.

Le minot de charbon contient huit boisseaux, & la voie qui est un sac, est de deux minots.

Le muid de plâtre contient trente-six facs, & chaque sac deux boisseaux.

Toutes ces mesures doivent être rases, & les étalons ou matrices qui ont été réglées en l'année 1669, se conservent en l'Hôtel de Ville de Paris au Bureau des Mesureurs de Sel.

SECTION VII.

Des usages de la ligne des Métaux.

USAGE PREMIER.

Etant donné le diametre d'une boule de quelqu'un des six métaux, trouver le diametre d'une autre boule de même poids, & duquel on voudra desdits métaux.

Prenez le diametre donné, & le portez à l'ouverture des deux points marqués du caractere qui dénote le métal de la boule; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des points cottés du caractere qui signifie le métal dont on veut faire la boule, cette ouverture sera son diametre. Soit pour exemple A B, le diametre d'une boule de fer qui soit de même poids; portez la ligne A B à l'ouverture des points ♄ qui marquent le plomb, & prenez ensuite l'ouverture des points ♂ qui dénotent le fer, cette ouverture donne la longueur C D pour diametre de la boule de fer d'un poids égal à celle de plomb, & ainsi des autres. Fig. 18.

Si au lieu de boules on propose des corps semblables ayant plusieurs faces, faites la même opération que dessus pour trouver chacun des côtés homologues, les uns après les autres, afin d'avoir les longueurs, largeurs & épaisseurs des corps que l'on veut construire.

USAGE II.

Trouver la proportion que les six métaux ont entre eux selon leur pesanteur.

On demande, par exemple, quelle proportion auroient entre eux deux corps semblables de même grandeur & volume, mais de différens métaux.

Prenez sur la ligne des métaux la distance du centre de la charniere jusqu'au point du caractere qui dénote le métal le moins pesant des deux proposés, lequel point est toujours le plus éloigné dudit centre; portez cette distance sur la ligne des solides, à l'ouverture du nombre que vous voudrez;

& le compas de proportion demeurant ouvert, prenez sur la ligne des métaux la distance du centre de la charniere jusqu'au point qui marque l'autre métal, & cette distance portant sur la ligne des solides, voyez si elle peut convenir à l'ouverture de quelque nombre ; si elle y convient, ces deux nombres exprimeront la proportion des deux métaux proposés, en permutant les nombres.

Soit proposé, par exemple, de trouver quelle raison a le poids d'une certaine masse ou lingot d'or au poids d'un autre lingot d'argent semblable & de même volume. Comme l'argent pese moins que l'or, je prends la distance du centre de la charniere jusqu'au point cotté ☽, & je la porte à l'ouverture du cinquantiéme solide ; puis je prends la distance du même centre au point marqué ☉, & je trouve qu'elle convient environ à l'ouverture du vingt-septiéme solide, & un peu plus. D'où je conclus que le poids de l'or est à celui de l'argent, comme 50 à 27, un sixiéme, ou comme 100 à 54, un tiers ; c'est-à-dire, que si le lingot d'or pese 100 livres, celui d'argent pesera 54 livres & un tiers ; & ainsi des autres métaux, dont la proportion est exprimée plus exactement par les nombres de livres & onces que pese un pied cube de chacun de ces métaux rapportés ci-devant, en parlant de la preuve de la ligne des métaux, & en la table ci-après. Si néanmoins on veut exprimer leur proportion par de plus petits nombres, on trouvera que si un lingot d'or est supposé peser cent marcs, un lingot de plomb de même grosseur & volume en pesera environ soixante & demi ; un d'argent 54 & un tiers ; un de cuivre 47 & un quart ; un de fer 42 & un dixiéme ; & un d'étain 39.

USAGE III.

Etant donné quelque corps que ce soit de l'un des six métaux, trouver quel poids il faut d'un des cinq autres métaux, pour faire un autre corps semblable & égal au proposé.

SOit pour exemple un reliquaire d'étain, on propose d'en faire un autre d'argent tout semblable & de même grandeur. Premiérement je pese ce reliquaire d'étain, & je trouve qu'il pese 36 livres ; c'est pourquoi je prends sur la ligne des métaux la distance du centre du compas de proportion jusqu'au point marqué ☽, qui est le métal dont on veut faire le nouveau reliquaire ; je porte ensuite cette distance à l'ouverture du trente-sixiéme solide, qui est le poids supposé du reliquaire d'étain ; puis je prends encore sur ladite ligne des métaux la distance du centre au point marqué ♃, qui dénote le métal du reliquaire d'étain, & portant cette distance à l'ouverture de quelque solide, je trouve qu'elle convient au cinquantiéme & un peu plus : ce qui me fait connoître qu'il faut environ cinquante livres d'argent & un quart pour faire un reliquaire semblable & de même grandeur que celui d'étain proposé.

La preuve de cette opération se peut faire par le calcul, sçavoir en multipliant réciproquement ces différens poids par ceux d'un pied cube de chacun de ces métaux, comme en cet exemple, multipliant 720 livres 12 onces, qui est le poids d'un pied cube d'argent par 36 livres, qui est

le poids dudit reliquaire d'étain, & ensuite multipliant 516 livres 2 onces, qui est le poids d'un pied cube d'étain par 50 livres un quart, qui est le poids du reliquaire d'argent, les produits de ces deux multiplications doivent être à peu près égaux.

USAGE IV.

Etant donnés les diametres ou côtés de deux corps semblables de divers métaux, trouver en quelle raison sont les poids de ces deux corps.

Soit, par exemple, la ligne droite E F le diametre d'une boule d'étain; & G H le diametre d'une boule d'argent: il faut trouver la raison des poids de ces deux boules. Prenez le diametre E F, & le portez à l'ouverture des points ♃, qui dénotent le métal de cette boule; le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des points ☽, qui dénotent le métal de l'autre boule; comparez cette ouverture avec le diametre G H, afin de reconnoître si elle lui est égale, car en ce cas les deux boules feroient de même pesanteur. Mais si le diametre de la boule d'argent est plus petit que l'ouverture des points ☽, comme est ici K L, c'est une marque que la boule d'argent pese moins que celle d'étain; & pour connoître de combien, il faut comparer ensemble sur la ligne des solides les diametres G H & K L; c'est pourquoi portez ladite ouverture des points ☽, qui est ici G H, à l'ouverture de quelque solide, comme du 60me; voyez ensuite à quel autre solide convient le diametre K L, & supposant qu'il convienne à l'ouverture du 20me solide, c'est une marque que la boule d'argent, dont le diametre est K L, ne pese que le tiers de la boule d'étain, dont le diametre est E F. Fig. 19.

USAGE V.

Etant donnés le poids & le diametre d'une boule ou le côté de quelqu'autre corps d'un des six métaux, trouver le diametre ou le côté homologue d'un autre corps semblable d'un des cinq autres métaux, lequel soit d'un poids donné.

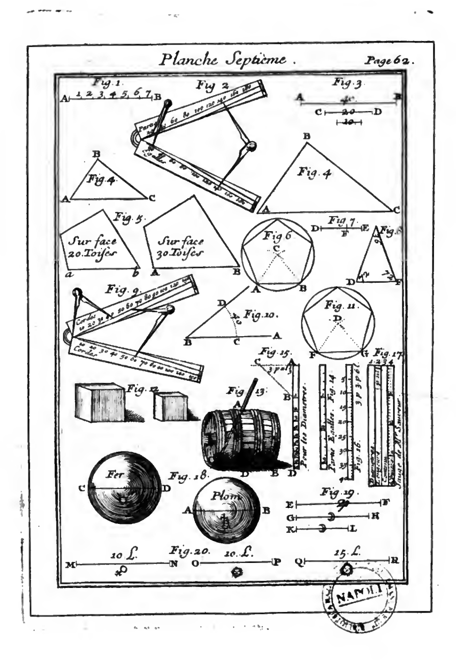
Soit, par exemple, la ligne droite M N le diametre d'une boule de cuivre qui pese dix livres, on demande le diametre d'une boule d'or qui pese quinze livres. Il faut premiérement trouver par la ligne des métaux le diametre d'une boule d'or de poids égal à celle de cuivre, & puis l'augmenter par la ligne des solides. Portez pour cet effet le diametre M N à l'ouverture des points ♀, qui dénotent le cuivre, & prenez l'ouverture des points ☉, qui dénotent l'or, marquez le diametre de la boule d'or O P du poids de dix livres, & le portez à l'ouverture du dixiéme solide; prenez ensuite l'ouverture du quinziéme, & cette derniere ouverture Q R donnera le diametre d'une boule d'or pesant quinze livres, comme on l'a demandé. Fig. 20.

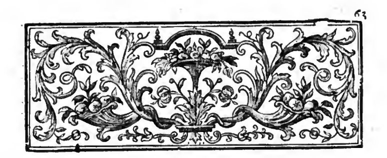
Voici une Table du poids de différentes matiéres réduit au pied & au pouce cubes.

	Le poids d'un pied cube.		*Le poids d'un pouce cube.*		
Or	1326 livres	4 onces,	12 onces	2 gros	52 grains.
Vif-argent	946	10	8	6	8
Plomb	803	2	7	3	30
Argent	720	12	6	5	28
Cuivre	627	12	5	6	38
Fer	558	0	5	1	24
Etain	516	2	4	6	17
Marbre blanc	188	12	1	6	0
Pierre de taille	139	8	1	2	24
Plâtre	85	0	0	5	6
Ardoife	150	0	1	7	12
Tuile	127	0	1	0	18
Eau de Seine	69	12	0	5	12
Eau de Mer	70	10	0	6	0
Vin	68	6	0	5	5
Cire	66	4	0	4	65
Huile	64	0	0	4	43

Fin du fecond Livre.




Planche Septième .
Page 62.
Fig. 1.
Fig 2
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 4
Fig. 5.
Sur face 20. Toises
Sur face 30. Toises
Fig 6
Fig 7.
Fig. 8
Fig. 9.
Cordes
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Pour les Diametres.
Partie Egalles.
Jauge de Mr. Sauveur
Fer
Plom
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
10 £.
10. £.
15. £.
NAPOLI



DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DE PLUSIEURS COMPAS ET AUTRES INSTRUMENS CURIEUX,

Qui servent ordinairement au Cabinet.

LIVRE TROISIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

De la construction & des usages de plusieurs differens Compas.


OUS avons déja parlé des Compas qui se mettent ordinairement dans les étuis de Mathématique, il nous reste à parler de quelques autres que l'on y place aussi quelquefois, dont les longueurs sont arbitraires.

Construction du Compas à pince.

CE Compas se nomme compas à pince, à cause d'une entaille qui est au milieu du corps, en sorte qu'étant fermé, on l'ouvre facilement d'une main, en pressant les doigts l'un contre l'autre. Nous avons dit que Planche. VIII. Fig. A.

la principale bonté des compas consiste en ce que leurs mouvemens soient bien doux, & qu'ils s'ouvrent & se ferment bien également; il faut pour cela que les charnieres soient bien fendues & très-égales d'épaisseur; on se sert pour cela d'une scie d'acier, la tete est fendue en deux fois, de maniere qu'il reste au milieu un simple de l'épaisseur d'une carte à jouer, l'autre jambe du compas est fendue par le milieu de la charniere, pour recevoir le simple qui a été reservé à la tete; il faut ensuite limer & dresser les charnieres, en sorte qu'elles joignent bien par tout; on perce ensuite le compas au milieu de la tête d'un trou d'une grosseur proportionnée à la grandeur du compas. Les plus petits sont ordinairement d'une ligne de diametre, & les plus gros d'environ deux lignes; mais il faut que le clou soit bien rond & qu'il remplisse exactement le trou de la tête. Quand il est rivé, on fait couler un peu de cire jaune entre les charnieres, en faisant chauffer la tête du compas, cela empêche que le metal ne s'attache contre l'un ou l'autre de ses charnieres, en l'ouvrant ou le fermant; on y met ordinairement deux rosettes tournées qui lui servent de contre-rivures & maintiennent sa tête. La petite vis qui est au bas du corps du compas, sert à avancer ou reculer la pointe d'acier tant & si peu que l'on veut: c'est ce qui fait qu'on le nomme compas de division. Cette pointe est attachée par deux clous au haut du compas, en sorte qu'elle fait ressort en tournant la vis; l'autre pointe d'acier est soudée au feu, comme toutes les autres pointes de compas qui sont fixes. On fait pour cela ausdites pointes une entaille plate, que l'on fait entrer dans une fente faite au bas du corps du compas, en sorte qu'elles se joignent bien, afin que la soudure les fasse tenir fortement. On se sert ordinairement de soudure d'argent au tiers de cuivre, c'est-à-dire, qu'on met deux fois plus d'argent que de cuivre; par exemple, sur un gros d'argent on met un demi-gros de laiton que l'on fond ensemble dans un creuset, & qu'on amincit ensuite au marteau de l'épaisseur d'une bonne carte, pour les couper ensuite en petits morceaux, afin de les faire couler plus facilement; on se sert aussi assez souvent de soudure de cuivre mêlé avec du zin, on fond ensemble trois quarts de laiton avec un quart de zin qu'on jette ensuite tout fondu dans l'eau froide, afin de la rendre en petite grenaille; il faut avoir soin de poudrer l'endroit qu'on veut souder avec du borax broyé bien fin, c'est ce qui fait couler & pénétrer la soudure aux jointures qu'on veut souder; ce que je dis ici de la maniere de souder les pointes de compas, se doit entendre de même de toute autre piece que l'on voudra souder.

Du Compas à l'Allemande.

Fig. P. CE compas a ses branches un peu courbées, en sorte que les pointes ne se joignent que par les bouts; il change de pointes, c'est-à-dire, qu'il y en a plusieurs qui s'ajustent dans un petit trou quarré fait à la boëte où est la vis qui sert à les retenir fermes. Il faut que ces pointes entrent bien juste dans le petit trou quarré, afin qu'elles ne vacillent point. On met quelquefois à ces sortes de compas une pointe à tire-ligne, afin de tracer des lignes grosses ou menues par le moyen de la petite vis qui approche ou écarte les pointes du tire-ligne; on le fait à mouvement par le moyen d'une petite charniere à peu près comme la tête du compas, afin de pouvoir

pouvoir mettre ladite pointe perpendiculaire sur le papier, le compas étant peu ou beaucoup ouvert ; la petite figure marquée 3 donne une idée de cette pointe ; le porte-crayon marqué 2 est aussi mobile, afin que le crayon soit aussi à plomb dans les grandes ouvertures de compas ; la pointe à roulette marquée 1 sert à faire des lignes ponctuées ; elle a aussi un mouvement de la même maniere & pour la même raison que le tire-ligne. On met dans l'un & dans l'autre de l'encre avec une plume entre les lames, afin de ne pas s'exposer à gâter les desseins. Ce qu'on appelle *roulette* est une petite roue de cuivre ou autre métal d'environ deux à trois lignes de diamétre, autour de laquelle on fait de petites dents pointues ; elle est attachée au bout de deux petites lames de laiton par une petite goupille, de maniere qu'elle tourne librement, à peu près comme un éperon ; les pointes des dents doivent être assez proches l'une de l'autre, pour ne pas faire des points trop éloignés. Le reste de ce compas se fait de la même maniere que celui dont je viens de parler ; je dirai seulement qu'il doit être bien ajusté & limé bien plat par-tout. La beauté d'un compas consiste aussi en ce qu'il soit bien adouci & bien poli ; on se sert pour cela d'une pierre douce qu'on passe à l'eau sur tous les pans du compas ; on prend ensuite un bâton de bois doux qu'on applatit & qu'on passe bien droit sur toutes les parties du compas avec de la potée d'émeri trempée dans de l'huile ou du tripoli bien fin ; après on essuie bien tout le compas avec un linge blanc ou un morceau de chamois.

Construction du Compas à ressort.

CE compas est fait tout d'acier trempé, c'est-à-dire, dur par-tout, en sorte que la lime ne peut y mordre, & sa tête est contournée de telle maniere qu'il s'ouvre de lui-même par son ressort. La vis qui le traverse en arc sert à l'ouvrir & le fermer tant qu'on le veut par le moyen de l'écrou qui est derriere. Ces sortes de compas sont fort commodes pour prendre de petites mesures, & faire de petites divisions ; mais ils doivent être un peu courts & trempés, de maniere qu'ils fassent bien ressort, & qu'ils ne cassent pas. Fig. C.

Construction du Compas d'Horlogeur.

CE compas est nommé *Compas d'Horlogeur*, il est fort & solide ; car son usage ordinaire est de servir à couper le carton, le cuivre & autres choses semblables. Le quart de cercle qui le traverse est pour l'arrêter fixément à une ouverture, en serrant la vis qui appuie sur ledit quart de cercle qui est souvent d'acier ; l'écrou qui est à son extrémité sert à ouvrir & fermer le compas tant & si peu qu'on le veut, en tournant ledit écrou qui doit être rivé de telle maniere à la branche du compas, qu'il fasse avancer ou reculer l'autre branche ; les quatre pointes doivent être d'acier bien trempé, comme nous allons l'expliquer. Celle marquée 1 est limée en talud, à peu près comme un burin, pour couper le cuivre ; celle marquée 2 est faite en maniere de champignon pointu, pour remplir les centres de différentes grandeurs ; les deux autres pointes sont comme à Fig. D.

l'ordinaire, excepté qu'elles doivent être fortes à proportion des compas; le reste de la construction est comme ci-devant.

Pour tremper les pointes de compas ou autres piéces d'acier, on doit s'y prendre de différentes manieres; par exemple, les bouts de pointes des petits compas se trempent à la chandelle par le moyen d'un chalumeau de cuivre: car en souflant dedans, cela fait un rayon de flâme fort vif qui rougit en un instant les pointes qu'il faut tremper aussi-tôt dans le suif de chandelle; alors, quand les pointes sont d'acier, elles deviennent très-dures: les pointes des gros compas & autres outils d'acier se trempent au feu, en les faisant rougir d'une couleur de cerise. En les faisant tremper en cet état dans l'eau, cette matiere devient fort dure. Je donnerai à la fin de cet ouvrage une description des principaux outils dont on se sert pour faire les instrumens de Mathématique, & j'expliquerai en abrégé leurs principaux usages.

Construction du Compas à trois branches.

Fig. E. CE compas sert à prendre trois points à la fois, pour former un triangle tel qu'il peut être, & aussi pour placer trois positions à la fois d'une carte que l'on veut copier, &c.

La construction de ce compas est à peu près comme les autres, excepté que la troisiéme branche doit avoir un mouvement en tout sens, & cela se fait par le moyen du clou tourné qui sert à river par un bout les deux branches ordinaires, & à l'autre bout il doit y avoir une rosette & une plaque ronde qui sert de charniere à la troisiéme branche qui se rive
Fig. 1. comme les autres compas. La petite figure 1 marque comment ce clou est fait; ce compas a ses pointes d'acier comme les autres.

Du Compas à Cartes Marines.

Fig. F. CE compas a ses jambes recourbées & rélargies vers la tête, afin que l'on puisse l'ouvrir d'une seule main; ce qui se fait en pressant les deux branches dans la main; sa figure fait assez connoître sa construction. Nous parlerons de son usage, en traitant des Instrumens de la Navigation.

Construction du Compas de réduction simple.

Fig. G. ON nomme cet instrument compas de réduction & de division, à cause qu'il est fait pour diviser une ligne, & réduire un plan de petit au grand & de grand en petit. On en fait qui servent à diviser une ligne en deux, d'autres en trois, d'autres en quatre, en cinq, &c. Il faut bien prendre garde en le construisant, que la tête soit percée en ligne droite avec les branches, & que le dedans des pointes d'acier n'avancent pas plus l'une que l'autre. Si, par exemple, on veut faire un compas qui serve à prendre la moitié d'une ligne, il faut que depuis le centre du clou jusqu'à l'extrémité des plus longues pointes, il y ait bien exactement deux fois la longueur des plus courtes, & ainsi à proportion des autres mesures. Le compas de la figure G est fait pour prendre le tiers d'une figure; c'est pourquoi depuis le centre marqué 5 jusqu'aux deux extrémités des pointes

marquées 2, il y a trois fois la longueur depuis le même centre jusqu'aux extrémités des petites pointes marquées 3 & 4; en sorte que si l'on veut avoir le tiers de la ligne 2, 2, il faut prendre toute sa longueur avec le plus grand côté du compas, lequel restant ainsi ouvert, les plus petites branches donneront ce tiers qui sera la ligne 3, 4.

Construction du Compas de réduction à tête mobile.

CEt instrument est une autre sorte de compas de réduction ou division à tête mobile; il sert à diviser une ligne proposée en parties égales, comme aussi à diviser la circonférence de tout cercle, pour y inscrire tout polygone régulier. Fig. H.

Cette sorte de compas est composée de deux jambes égales, dont chacune est garnie de deux pointes d'acier. Ces jambes sont évidées pour y faire couler une espéce de boëte, au milieu de laquelle il y a une vis qui sert de clou pour les joindre & les serrer en divers endroits avec l'écrou; mais il faut que les branches soient évidées bien juste au milieu, ensorte que le centre du clou soit en ligne droite avec le dedans des pointes, que la boëte coule très-justement au long des branches, & que la vis à tête remplisse exactement le trou de la boëte, afin que rien ne vacille quand il est serré avec l'écrou.

La figure 1 présente la vis, la figure 2 marque l'écrou, la figure 3 montre la moitié de la boëte qui doit se joindre avec une pareille moitié. Fig. H. 1. 2. 3. On voit par cette petite figure qu'il y a une épaisseur au milieu pour remplir exactement le vuide des branches; ce qui est ombré des deux côtés est pour embrasser les deux côtés des branches, en sorte que cette moitié de boëte doit être juste d'épaisseur & couler au long d'une des branches; elle doit être aussi percée pour recevoir la vis, il faut ajuster une pareille moitié de boëte à l'autre branche pour joindre les deux ensemble, & on les fait tenir ferme à telle ouverture qu'on veut par le moyen de l'écrou; la figure 1 est une des branches séparées, où sont les divisions des parties égales: car sur une des jambes on marque d'un côté les chifres qui servent à diviser toute ligne donnée en parties égales, & sur l'autre jambe on marque de l'autre côté les chifres qui servent à inscrire dans un cercle proposé tout polygone régulier.

Pour faire la division des lignes en parties égales, ayez une échelle bien divisée qui soit de la même grandeur que tout le compas de réduction; où plutôt servez-vous d'un compas de proportion, parce qu'il peut servir d'échelle de plusieurs grandeurs.

Prenez avec un compas commun la longueur exacte d'une des jambes du compas de réduction & la portez sur la ligne des parties égales du compas de proportion à l'ouverture de 120, lequel restant ainsi ouvert, prenez avec le compas commun 40 des mêmes parties, que vous porterez sur une des jambes du compas de réduction depuis le bout de la plus courte pointe & y marquerez le chifre 2, qui servira pour diviser en deux parties égales toute ligne proposée. Figure I.

Le compas de proportion restant toujours de la même ouverture, prenez 30 parties égales, que vous porterez sur ladite jambe du compas de ré-

duction, pour y marquer le nombre 3, qui servira pour partager en trois parties égales toute ligne proposée.

Prenez ensuite 24 parties égales, & les ayant portées sur la jambe du compas de réduction, marquez-y le nombre 4, qui servira pour diviser la ligne donnée en quatre parties égales.

Prenez de même 20 parties égales, & les ayant portées sur la jambe du compas, marquez-y le nombre 5, pour servir à diviser la ligne proposée en cinq parties égales.

La même ouverture du compas de proportion peut servir encore à diviser en 7, en 9 & en 11 parties égales ; mais pour éviter les fractions, il faudra changer ladite ouverture, pour diviser en 6, en 8, en 10 & en 12.

Avant que de changer ladite ouverture du compas de proportion, prenez avec le compas commun quinze desdites parties égales, que vous porterez sur la jambe du compas de réduction & y marquerez le nombre 7, pour diviser toute ligne donnée en sept.

Prenez ensuite 12, pour marquer sur ladite jambe le nombre 9.

Prenez enfin 10, pour marquer sur ladite jambe le nombre 11, qui servira pour diviser en onze toute ligne donnée.

Mais pour diviser en 6, prenez avec un compas commun la longueur exacte d'une des jambes du compas de réduction, & portez-la sur la ligne des parties égales du compas de proportion à l'ouverture de 140 ; & ce compas restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de 20, portez-la sur la jambe du compas de réduction, pour y marquer le nombre 6, qui servira pour diviser toute ligne donnée en six parties égales.

Ayant pris de meme la longueur entiere d'une des jambes du compas de réduction, portez-la sur la ligne des parties égales du compas de proportion à l'ouverture de 180, & prenez-en vingt, & avec cette ouverture marquez sur la jambe du compas de réduction le nombre 8, qui servira pour diviser en huit toute ligne proposée.

Portez de même toute la longueur du compas de réduction à l'ouverture de 118, dont vous prendrez 10 pour marquer sur la jambe du compas de réduction le nombre 10, qui servira pour diviser en dix toute ligne donnée.

Portez enfin la longueur du compas de réduction à l'ouverture de 120, dont vous prendrez 10 pour marquer sur la jambe du compas de réduction le nombre 12, qui servira pour diviser toute ligne donnée en douze.

L'usage en est facile ; car si, par exemple, vous voulez diviser une ligne droite en trois parties égales, poussez la boëte en sorte que le milieu de la vis se trouve justement sur le point marqué 3 ; & l'ayant arrêté fixément sur ce point, ouvrez le compas de réduction, en sorte que les deux pointes des plus longues parties des jambes conviennent exactement à la longueur de la ligne droite proposée ; puis ayant tourné le compas, sans changer son ouverture, les deux plus courtes parties desdites jambes diviseront en trois parties égales la ligne droite proposée ; & ainsi des autres.

Pour faire la division des polygones réguliers, divisez en deux parties égales la jambe du compas de réduction ; prenez avec le compas commun sa moitié juste, & la portez à l'ouverture des chifres 6 de part & d'autre de la ligne des polygones du compas de proportion, lequel restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des chifres 3 pour le triangle équilatéral ; &

portez-la sur la jambe du compas de réduction, commençant par l'extrémité de ladite jambe, sur laquelle vous marquerez le même chifre 3; prenez ensuite l'ouverture des chifres 4 sur le compas de proportion pour le quarré, portez-la sur la même jambe du compas de réduction & du même côté, pour y marquer le même nombre 4; prenez de même avec le compas commun l'ouverture des nombres 5 de part & d'autre sur la ligne des polygones du compas de proportion; & ayant porté cette longueur sur la jambe du compas de réduction, marquez-y le même nombre 5 pour le pentagone; faites la même chose pour l'eptagone & pour tous les autres polygones jusqu'au dodécagone. Il seroit inutile d'y marquer l'exagone, puisque le demi-diametre de tout cercle divise sa circonférence en six parties égales.

Il est aisé de remarquer que les côtés du triangle, du quarré, & du pentagone sont plus grands que le demi-diametre du cercle dans lequel on les veut inscrire, & que les côtés de l'eptagone, octogone & de tous les autres sont plus petits que le demi-diametre du cercle où ils sont inscrits.

L'usage en est facile & se pratique ainsi. Si, par exemple, vous souhaitez inscrire un pentagone dans un cercle proposé, poussez la coulisse, en sorte que le milieu de la vis soit arrêté fixément sur le chifre 5 des polygones. Prenez avec les plus courtes jambes du compas de réduction le demi-diametre du cercle & tournez ledit compas sans y rien changer, alors l'ouverture des plus longues jambes divisera le cercle en cinq parties égales.

Mais si l'on propose d'inscrire un eptagone, arrêtez la vis sur le nombre 7, prenez avec les plus longues jambes le demi-diametre du cercle proposé, & retournant ledit compas, l'ouverture des plus courtes jambes divisera le cercle en sept parties égales.

Du Compas à coulisse.

CE compas se nomme compas à branche ou à coulisse; il est fait d'une branche quarrée de cuivre ou d'acier bien dressée, longue depuis un pied jusqu'à 3 ou 4. Il y a deux boëtes de cuivre quarrées qui embrassent exactement ladite branche, à chacune desquelles se monte à vis une pointe d'acier, que l'on peut démonter pour en mettre une autre, qui porte encre ou un crayon. Il y a une de ces boëtes qui coule au long de la branche, & qui s'arrête à l'endroit où l'on veut par le moyen de la vis qui appuie sur un petit ressort. L'autre boëte est presque fixe à un des bouts, où il y a un écrou qui lui est attaché, de maniere qu'en le faisant tourner autour de la vis, qui est à l'extrémité de la branche, il fait avancer ou reculer la pointe d'acier tant & si peu qu'on le souhaite. VIII. Planche. Fig. K.

Ces sortes de compas servent à prendre de grandes longueurs, comme aussi à tracer bien juste de grandes circonférences, & à les diviser bien exactement.

Construction du Compas à tracer les ellipses ou ovales.

CEt instrument est fait pour tracer des ovales ou ellipses de différentes espéces; il est composé d'une branche de cuivre quarrée bien droite & bien égale d'environ un pied de longueur, sur laquelle sont Fig. L.

ajustées trois boëtes, pour couler au long de ladite branche. A l'une de ces boëtes se monte à vis une pointe d'acier ordinaire, ou bien une pour tracer à l'encre & quelquefois un porte-crayon. On joint aux deux autres boëtes deux coulisses à queue d'aronde ou en talud, comme la petite figure 1 le montre. Ces coulisses s'ajustent au long des branches de la croix, sur laquelle sont attachées de petites régles à bizeaux ou en talud par-dessous, de même que la coulisse à queue d'aronde. Lesdites coulisses qui sont attachées par un clou rond & qui tournent en tout sens sous les boëtes quarrées, font qu'en tournant le compas à verge, elles avancent ou reculent au long de la croix ; mais il faut faire passer pour cela une des coulisses dans une branche de la croix, & l'autre dans l'autre branche, comme on le voit par la figure.

Il faut remarquer que la distance qu'il y a entre les deux coulisses, est la distance des deux foyers de l'ellipse ; car en changeant cette distance, elle est plus ou moins enflée. Aux extrémités des branches de la croix, & par-dessous il y a quatre petites pointes d'acier, pour la faire tenir ferme sur le papier, & au milieu de ladite croix il y a un petit quarré entaillé jusqu'aux bizeaux, pour faire passer les coulisses d'une branche à l'autre pendant le mouvement du compas. L'usage de cette machine est fort facile, parce qu'en faisant faire un tour au compas à verge, la pointe à encre ou au crayon trace l'ovale ou l'ellipse telle qu'on la souhaite. Sa figure fait assez connoître sa construction & son usage.

Du Compas d'épaisseur & à répéter les grosseurs.

CEtte figure représente un compas d'épaisseur & de répétition. Il sert à faire connoître l'épaisseur de ce qui est engagé sous des rebords, comme seroit les rebords d'un canon, d'un tuyau & autres choses sembla-
Fig. M. bles ; ce que l'on ne pourroit pas faire si le compas n'avoit que deux pointes ; il est composé de deux piéces de laiton ou autre matiere, ausquelles il y a deux pointes enflées & deux autres plates un peu recourbées par les bouts. Pour s'en servir, on fait entrer une des pointes plates dans le canon & l'autre par dehors, lesquelles étant serrées, les autres pointes opposées marquent l'épaisseur.

Il faut prendre garde en le construisant, que la tête soit bien percée dans le centre, c'est-à-dire, qu'en tirant une ligne d'une pointe à l'autre opposée, elle passe précisément par le centre, lequel la doit diviser également, & que le compas étant fermé, toutes les pointes se joignent ; on y met ordinairement de petites pointes d'acier aux extrémités.

Du Compas sphérique.

Fig. N. LE compas sphérique ou d'épaisseur ne différe en rien pour sa construction des compas ordinaires, excepté que ses jambes sont recoubées pour prendre la grosseur ou diametre des corps ronds, comme boulets, Globes ou Spheres, &c.

Fig. O. Enfin le compas marqué O est encore un compas d'épaisseur à répétition, dont les branches doivent être toutes égales en tout sens. Sa figure fait assez connoître sa construction & son usage.

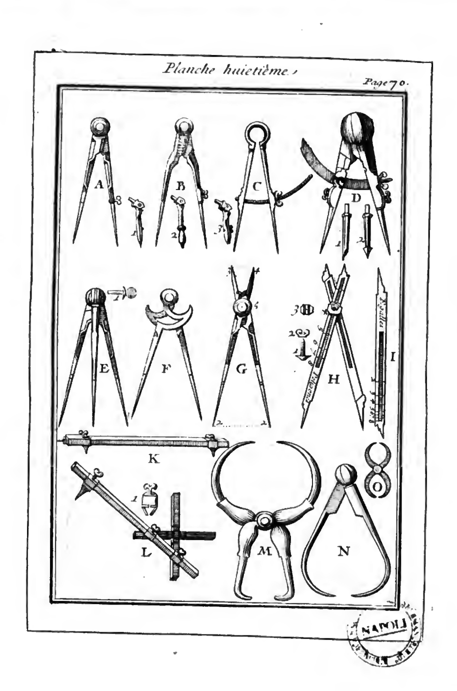


Planche huitième.
Page 70.
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
N
O

CHAPITRE II.

De la construction & des usages de plusieurs Instrumens de Mathématique, qui peuvent servir dans le Cabinet.

Du Porte-Crayon à Compas.

CEt Instrument nommé Porte-crayon à compas est limé à huit pans en dehors; on les fait ordinairement de quatre, cinq & six pouces de long; le dedans doit être parfaitement rond, afin d'y placer & faire couler un porte-crayon par le moyen de son ressort & de son bouton, dont nous parlerons ci-après; à un des bouts se monte à vis un compas; la figure B montre la maniere dont il est fait; sa construction ne différe en rien de celle des autres compas, si ce n'est qu'il est rond, & qu'il y a une vis au-dessous de sa tête, pour le monter dans le porte-crayon. Ladite vis se fait par le moyen d'une filiere double, puis on la repasse ensuite dans une filiere simple, afin de ne pas forcer les charnieres des compas en les taraudant, car c'est à quoi l'on doit bien prendre garde. *IX. Planche. Fig. A.*

On trace ordinairement sur les pans de ce porte-crayon les lignes qui se mettent sur le compas de proportion. On les prend sur une régle d'égale longueur, que l'on a divisée suivant les méthodes expliquées pour le compas de proportion & que l'on transporte sur chacun des pans. L'usage en est à peu près le même, sinon qu'il se faut toujours servir de la même grandeur; car si, par exemple, il s'agit de tracer un angle de 40 dégrés sur une ligne donnée, on prend avec le compas commun l'étendue depuis le premier point de division de la ligne des cordes jusqu'au point marqué 60; de cette ouverture on fait un arc sur la ligne donnée, & ensuite on prend avec le même compas la distance du premier point de division jusqu'au point 40, laquelle on transporte sur l'arc tracé, & de son centre on tire une ligne qui fera avec la donnée un angle de 40 dégrés, & ainsi des autres lignes.

On fait aussi de ces sortes de porte-crayon à compas qui sont ronds, & sur lesquels on marque les pouces, dont on en divise un en douze lignes.

Construction du Porte-crayon à coulisse.

CE porte-crayon est rond en dedans & tourné en dehors; on le fait aussi quelquefois à pans, & on y marque les pouces & lignes par des traits fins qui se font par le moyen du tour. On prend une lame de laiton ou d'autre matiere de la longueur & largeur qu'on veut faire le porte-crayon, puis on la contourne autour d'un arbre ou verge de fil d'acier bien rond, bien droit & bien égal de grosseur par tout. On soude ensuite la jointure de ladite lame, qu'on nomme la charniere ou corps du porte-crayon, qu'il faut tirer & faire passer dans une filiere à trou rond par le moyen d'un banc; on tire ladite charniere jusqu'à ce qu'elle presse l'arbre d'acier partout également, afin que le dedans soit bien rond & égal, puis *Fig. C.*

après l'avoir tourné comme la figure le montre, on le fend jusqu'à environ demi-pouce des bouts, & on le perce aux extrémités de la fente & au milieu d'un petit trou rond, pour y recevoir le bouton. La figure D est le dedans du porte-crayon; aux deux extrémités on y place les crayons qui sont serrés avec de petits anneaux; le milieu doit être de la grosseur juste du dedans du corps marqué C, afin qu'il puisse y couler facilement. On entaille ladite piece, pour y placer un petit ressort d'acier ou de cuivre bien endurci au marteau. Le milieu dudit ressort marqué 1 est percé à vis pour recevoir le petit bouton marqué E; on le fait d'acier avec une vis par le bout. Au-dessus de la vis il y a un petit colet rond de la grosseur des trous qui sont au corps C; & au-dessus du colet on fait une entaille de chaque côté dudit bouton, pour y faire un tenon de l'épaisseur de la fente dudit corps. Le haut doit être limé ou tourné en rond. Enfin, pour monter ledit porte-crayon, il faut faire entrer le dedans, en sorte que le trou du ressort soit vis-à-vis un des trous du corps; ensuite on monte à vis le petit bouton jusqu'à ce qu'il soit appuyé sur le colet rond, de telle sorte que le tenon soit au long de la fente; alors en pressant sur ledit bouton, on fait couler le dedans du porte-crayon d'un côté & d'autre. La figure fait assez connoître ce que nous venons d'expliquer.

Construction de la Plume sans fin.

Fig. F. CEt Instrument est composé de différentes pieces de cuivre, d'argent ou d'autre matiere; les pieces F G H étant jointes ensemble font environ 5 pouces de long. Sa grosseur est à peu près de 3 lignes de diamétre. Le milieu marqué F porte la plume, qui doit être fendue & bien taillée & ajustée sur un petit tuyau taraudé à vis en dedans, lequel est soudé à un autre petit tuyau de la grosseur juste du dedans du couvercle G, dans lequel est soudée une vis, qui sert à monter ledit couvercle & en entrant dans la plume à boucher un petit trou, qui est à l'endroit marqué 1, pour empêcher que l'encre ne sorte. A l'autre bout du corps F il y a un petit tuyau taraudé à vis en dedans & en dehors. Celle de dehors sert à monter le couvercle marqué H, dans lequel entre un petit porte-crayon qui se monte à vis au-dedans du petit tuyau, dont nous venons de parler, & qui sert à boucher l'ouverture du colet, qui est l'endroit par où l'on fait entrer l'encre dans le corps F, par le moyen d'un petit entonnoir.

Pour se servir de ladite plume, il faut démonter le couvercle G & un peu secouer la plume, après quoi l'encre sort doucement à mesure qu'on écrit. Il faut remarquer que l'autre côté du porte-crayon doit être bouché, car autrement la colonne d'air peseroit sur l'encre & la feroit sortir toute à la fois. Aux deux bouts sont soudés deux cachets, pour y graver un chifre & des armes. La construction de cette machine est à peu près comme le porte-crayon dont je viens de parler.

Construction d'une Pince à tenir le papier.

Fig. I. CEtte petite machine sert à tenir plusieurs papiers ensemble; elle est fort commode quand on veut calquer quelque dessein; on en met aux quatre coins du papier. Elle est faite de deux lames de cuivre bien battues

battues au marteau, pour les rendre plus dures ; elles sont attachées par le haut & renforcées par une lame de laiton qui fait faire ressort. Il y a un coulant au milieu qui sert à presser les papiers, en faisant approcher les deux bouts qui sont élargis pour mieux tenir ce qui est entre deux. Toute cette piéce a environ deux pouces de longueur. La figure fait assez connoître sa construction & son usage.

Construction du Pentographe.

L'Instrument, dont nous allons parler, est nommé pentographe ; on le nomme aussi singe, parce qu'il sert à copier toutes sortes de desseins. Il est composé de quatre régles de cuivre ou de bois dur, très-égales en largeur & en épaisseur ; il y en a deux qui ont 15 à 18 pouces de longueur, & deux autres qui n'en ont que la moitié ; ces régles ont d'ordinaire 2 à 3 lignes d'épaisseur, & 5 à 6 lignes de largeur. Fi. K.

La justesse de cet instrument consiste en ce que les trous qui sont aux extrémités & au milieu des grandes régles soient très-justes & en égale distance des trous qui sont aux extrémités des petites, afin qu'étant montées, elles fassent toujours un parallélogramme parfait. Il y a six petites piéces de cuivre, pour monter & mettre en pratique cet instrument.

La piéce marquée 1 est un petit balustre de cuivre tourné, au bout duquel il y a une vis garnie de son écrou, qui sert à joindre & à serrer les deux grandes régles ensemble. A l'autre bout il y a une petite pomme qui sert à faire couler l'instrument sur la table de côté & d'autre, suivant les différens mouvemens qu'on lui donne. La piéce marquée 2 est un clou à tête tourné avec la vis & son écrou ; il en faut deux pareilles pour joindre les petites régles au milieu des grandes aux endroits marqués 2. La piéce marquée 3 est une vis en bois qui est au-dessous d'un petit balustre avec la vis & son écrou, pour joindre ensemble les deux petites régles à l'endroit marqué 3. La piéce marquée 4 est un porte-crayon ou une plume qui entre dans le balustre avec la vis & son écrou pour le tenir ferme au bout de la grande régle à l'endroit marqué 4. Enfin la piéce marquée 5 est une pointe de cuivre un peu mousse, qui est jointe au balustre garni de sa vis & de son écrou, pour le placer au bout de l'autre grande régle à l'endroit marqué 5 ; toutes ces piéces ont environ trois pouces de hauteur. L'instrument étant monté & disposé comme la figure le marque, il ne s'agit plus que d'en donner l'usage.

Lorsqu'on veut copier un dessein de la même grandeur que l'original, il faut disposer l'instrument comme il paroît dans la figure K, c'est-à-dire, qu'il faut faire entrer la vis en bois dans la table à l'endroit marqué 3, puis mettre le papier blanc sous le crayon marqué 4, & le dessein sous la pointe marquée 5 : alors il n'y a qu'à conduire ladite pointe sur tous les traits du dessein, & en même tems le crayon tracera la même figure sur le papier blanc. Mais si on vouloit réduire le dessein & le faire plus petit de moitié que l'original, il faudroit placer la vis en bois à un des bouts d'une grande régle, le papier blanc & le crayon au milieu, & conduire toujours la pointe sur tous les traits du dessein, alors le crayon exécutera la même chose ; mais les lignes seront plus petites de moitié que celles de l'original, dont voici la raison : c'est que le crayon placé comme nous venons de dire,

fait la moitié moins de chemin que la pointe : & par une raison contraire ; si l'on veut faire le dessein plus grand, par exemple, double de l'original, il faut placer la pointe & le dessein au milieu à l'endroit marqué 3, le crayon ou la plume avec le papier blanc au bout d'une des grandes régles, & la vis en bois attachée au bout de l'autre grande régle, & de cette maniere on tracera le dessein double de l'original, soit plan, soit figure ou tel autre dessein qu'on voudra.

Pour augmenter ou diminuer le dessein selon d'autres proportions, on perce plusieurs trous sur chaque régle en distances égales, sçavoir sur les petites régles tout le long, & jusqu'à la moitié des grandes, afin d'y placer la pointe, le crayon & la vis toujours en ligne droite ; c'est-à-dire, que si l'on remonte la pointe de trois trous, il faut remonter pareillement de trois trous les deux autres piéces ; mais en ce cas il faut placer à l'extrémité des petites régles une vis à tête pareille à celle marquée 2, de maniere que l'instrument conserve toujours le parallélogramme.

Il est à remarquer que si l'on place la pointe & le dessein à quelqu'un des trous d'une grande régle, & le crayon avec le papier blanc sous un des trous de la petite régle qui fait l'angle & se joint au milieu de la même grande régle, pour lors la copie sera plus petite que la moitié de l'original ; mais si le crayon & le papier sont placés sous un des trous de la petite régle qui est parallele à la grande, alors la copie sera plus grande que la moitié de l'original. Au reste, il sera facile de connoître toutes ces différentes proportions par l'expérience.

Construction du carat, pour connoître le poids des Perles.

IX. Planche Fig. M. CEtte petite machine se nomme carat, elle sert à connoître le poids des perles fines & bien rondes ; elle est composée de cinq petites lames de laiton ou autre métal, minces & de deux pouces de longueur sur six à sept lignes de largeur. Ces lames sont percées de plusieurs trous ronds de différens diamétres. Les trous de la premiére lame sont connoître le poids des perles depuis un demi-grain jusqu'à sept grains ; la seconde lame marque depuis huit grains, qui font deux carats, jusqu'à cinq ; la troisiéme marque les carats depuis deux & demi jusqu'à cinq & demi ; la quatriéme sert depuis six carats jusqu'à huit ; & la cinquiéme marque le poids des perles depuis six carats & demi jusqu'à huit & demi.

Nous allons donner le diamétre du plus petit trou & du plus grand de chaque lame, les autres se pouvant trouver par leurs différentes proportions ; leurs diamétres sont fondés sur l'expérience de plusieurs perles qu'on a pesées avec des petites balances bien fines.

Le petit trou qui fait connoître le poids d'une perle d'un grain, a une ligne & un quart de ligne de diamétre, celui de sept grains a deux lignes & un tiers de ligne ; celui qui marque le poids de deux carats, a deux lignes & demie ; celui qui marque 5 carats, a 4 lignes ; celui qui marque le poids de 2 carats & demi, a 2 lignes 3 quarts ; & celui de 5 carats & demi, a 4 lignes & 1 quart ; celui qui donne le poids de 6 carats, a 4 lignes 1 tiers ; celui de 8 carats a 4 lignes & demie ; enfin celui qui donne le poids de 8 carats & demi, a 4 lignes 3 quarts.

Ces lames sont attachées ensemble par un de leurs bouts avec un clou

qui leur laisse la liberté d'être mûes en tous sens. Elles se renferment entre deux autres lames de laiton, qui leur servent comme d'étui. La figure fait assez connoître le reste de sa construction.

Les Jouailliers se servent encore de petites balances bien fines & de petits poids qu'ils nomment carats, pour peser les diamans & autres pierres précieuses, comme aussi les perles qui ne sont pas rondes. Le carat pese quatre grains, il se divise en demi, tiers, quart, huitiéme & seiziéme de carat. On se sert aussi du mot de *carat* pour marquer le titre de l'or. Le carat d'or fin est la 24me partie d'une once de pur or, lequel est si mol, qu'on ne peut le metre en œuvre. L'or à 22 carats est le titre des Orfévres de Paris; c'est-à-dire, qu'il y a 22 parties d'or fin & 2 parties de cuivre, afin que par cet alliage l'or soit plus ferme & se puisse mieux travailler.

Les Orfévres se servent du mot de denier pour spécifier le titre & la bonté de l'argent; le marc d'argent fin est à douze deniers; l'argent au titre de Paris est à onze deniers douze grains, en comprenant les deux grains de remede qu'on accorde pour faire recevoir l'argent, comme s'il étoit au titre, étant très-difficile de faire l'alliage bien juste, à cause des différens dégrés du feu.

Construction de l'Equerre fixe.

CEt instrument est nommé Equerre fixe, c'est-à-dire, qui ne se plie point. Toute sa justesse consiste en ce qu'elle soit bien dressée, & qu'elle fasse angle droit en dedans & en dehors, & pour cet effet il faut que l'intérieur de chaque branche soit parallele à l'extérieur, quand l'instrument est juste en dehors. Fig. L.

De l'Equerre pliante.

CEtte Equerre se plie dans l'angle par le moyen d'un clou rond ajusté dans une branche qui fait mouvoir une piéce mince de laiton qui sert comme de charniere, & où est attachée l'autre branche avec quatre petits clous, laquelle étant ouverte à angles droits, s'appuie par un de ses bouts sur l'épaisseur de la plus grande branche & forme l'Equerre. On marque ordinairement les pouces & les lignes sur ces sortes d'Equerres. Leur principal usage est pour tracer des lignes perpendiculaires, & connoître si une chose est bien à angle droit. Fig. N.

Construction du Pied à Niveau.

CEt Instrument, qui se nomme pied à niveau, est composé de deux branches de cuivre ou autre matiére d'environ six lignes de largeur, desquelles branches l'une tourne autour de la tête de l'autre & est attachée par un clou rond dans son centre. Elles sont fendues tout le long en dedans jusqu'à la moitié de leur largeur, pour y placer une languette ou petite lame de laiton, quand l'Instrument est fermé. Cette languette est attachée à une desd. branches par un petit clou, pour la faire mouvoir, & quand elle est placée dans l'autre branche, où il y a une petite goupille qui la retient, le pied demeure ouvert à angle droit, tel que la figure le montre. On ajuste à la Fig. O.

tête une petite plaque de laiton quarrée, afin que l'instrument serve d'équerre, on perce un petit trou au bas de l'angle de la petite plaque, pour y passer une soye fine avec son plomb, laquelle tombant sur une ligne perpendiculaire tracée au milieu de la languette sert de niveau. On coupe les angles intérieurs des branches, afin que l'instrument se puisse mieux appuyer sur le plan que l'on veut niveler.

Nous ne nous arrêterons pas davantage à sa construction, la figure la faisant assez connoître : Nous dirons seulement qu'il sert d'équerre & de niveau de la maniere dont il est placé, de pied de roi & de régle, quand il est ouvert tout-à-fait.

Du Pied de Roi & des différentes mesures.

Fig. P. LA construction du pied de roi pour le corps ne différe guére de celle du compas de proportion dont nous avons ci-devant parlé. Quand on n'y veut marquer simplement que le pied de Paris, chaque branche n'a environ que cinq lignes de largeur; mais quand on y veut mettre les mesures étrangeres, on les fait plus larges. Nous allons donner le rapport du pied de Paris avec les principales mesures étrangeres de l'Europe.

Le point est la douziéme partie de l'épaisseur d'un moyen grain d'orge : la ligne est longue de 12 points ou de l'épaisseur d'un grain d'orge; le pouce contient 12 lignes, & le pied 12 pouces.

Le pied de roi ou de Paris est de 12 pouces, de ceux dont on vient de parler; mais on le divise quelquefois en 720, ou en 1440 parties égales, pour mieux exprimer son rapport avec les mesures étrangeres.

Le pied de Lion & de Grenoble contient 12 pouces 7 lignes.
Le pied de Dijon ne contient que 11 pouces 7 lignes.
Celui de Besançon, 11 pouces 5 lignes.
Celui de Mâcon, 12 pouces 4 lignes.
Le pied de Roüen est égal à celui de Paris.
Le pied de Sedan a 12 pouces 3 lignes.
Le pied de Lorraine a 10 pouces 9 lignes.
Celui de Bruxelles a pareillement 10 pouces 9 lignes.
Le pied d'Amstaerdam, 10 pouces 5 lignes.
Le pied du Rhin, qui est fort en usage dans les Pays du Nord, a 11 pouces 7 lignes.
Celui de Londres, 11 pouces 3 lignes.
Celui de Dantzic, 10 pouces 7 lignes.
Celui de Suede, 12 pouces 1 ligne.
Celui de Danemarck, 10 pouces 9 lignes.
Le pied Romain, 10 pouces 10 lignes.
Le pied de Boulogne, 14 pouces 1 ligne.
Celui de Venise, 11 pouces 11 lignes.
Celui de Milan est de deux sortes, le grand a 1 pied 10 pouces, & le petit 1 pied 2 pouces 8 lignes.
Celui de Turin a 18 pouces 11 lignes.
Celui de Savoye n'a que 10 pouces.
Celui de Genéve, 18 pouces.
Celui de Vienne a 11 pouces 8 lignes.
Celui de Constantinople contient 2 pieds 2 pouces 2 lignes;

M. Huyghens dans son Livre de l'horloge à pendule nous a donné l'idée d'un pied nouveau qu'il appelle *pied horaire* & qu'on pourroit nommer *pied universel*, parce que sa mesure étant certaine & invariable, tous les autres deviendroient également invariables & certains, dès qu'on connoîtroit leur raport avec ce pied horaire, qui n'est autre que le tiers de la longueur d'un pendule d'une horloge qui marque les secondes à chaque vibration, & dont le rapport, par exemple, au pied de Paris, est de 881 à 864: ce qui rend le pied de Paris immortel en quelque sorte & immuable pour la posterité. Suivant ce même raport, il est aisé de voir que ce pied horaire doit être à très peu de chose près de 12 pouces & de 2 lignes trois quarts ensus de celui de Paris, & la longueur entiere du pendule d'une horloge à secondes de 3 pieds 8 lignes trois 5mes, pour battre les secondes de mouvement du tems moyen.

Nous allons encore donner quelques autres mesures par rapport au pied.

LA palme Romaine a 8 pouces 2 lignes; celle de Genes a 9 pouces 1 ligne; celle de Naples a 9 pouces 9 lignes, & celle de Portugal 8 pouces 2 lignes. Le pan qui sert de mesure en plusieurs autres Villes d'Italie, contient 8 à 9 pouces de longueur.

L'aune de Paris est de 3 pieds 8 pouces. L'aune de Provence, de Montpellier & d'Avignon contient une aune & 2 tiers ensus de celle de Paris. L'aune de Flandre & d'Allemagne ne contient que 7 douziémes de celle de Paris. Il y a plusieurs livres qui ne donnent à l'aune de Paris que 3 pieds 7 pouces 8 lignes; mais ils se trompent: sa véritable mesure établie dans toutes les Jurisdictions est de 3 pieds 8 pouces; il est bien vrai que suivant un ancien usage l'aune des Drapiers n'est que de 3 pieds 7 pouces 9 lignes, mais c'est pour mesurer les draps seulement, & non autre chose.

La brasse de Milan pour les étofes de soye est d'un pied 7 pouces 4 lignes & demie; celle pour les draps & autres étofes de laine est de 2 pieds 11 lignes & demie.

La brasse de Florence est d'un pied 9 pouces 6 lignes.
Le ras de Piémont & de Luque est de 22 pouces.
La verge de Seville est de 30 pouces 11 lignes.
La verge d'Angleterre est de 33 pouces 11 lignes.
La barre de Castille est de 31 pouces 3 lignes.
Celle de Valence est de 33 pouces 7 lignes.
La varre de Madrid & celle de Portugal sont de 3 pieds 9 lignes.
La varre d'Espagne en général est de 5 pieds 5 pouces 6 lignes.
La canne de Toulouse est de même longueur.
La canne de Rome contient 6 pieds 11 pouces 7 lignes.
La canne de Naples, 6 pieds 10 pouces 2 lignes.
Le pic de Constantinople, 2 pieds 2 pouces 2 lignes.
La geuse des Indes & celle de Perse, 2 pieds 10 pouces 11 lignes.

Construction des régles paralleles.

CEs instrumens se font ordinairement de cuivre ou de bois dur, comme ébene & bois de la Chine, depuis 6 pouces jusqu'à 10 de long sur un pouce de large, & environ 2 lignes d'épaisseur. Il faut sur tout que lesdites

régles soient bien dressées en tout sens & bien paralleles, c'est-à-dire, très également larges depuis un bout jusqu'à l'autre ; car c'est en partie d'où dépend la justesse de cet instrument.

Nous allons donner la description de deux sortes d'instrumens à régles paralleles également justes.

Fig. R. Les deux régles du premier de ces deux Instrumens sont jointes ensemble par deux petites lames de laiton d'environ 2 à 3 pouces & demi de long & de six lignes de largeur, limées & façonnées à peu près comme la figure le marque ; elles sont percées par les deux bouts bien également, & pour cet effet il est à propos de les percer l'une sur l'autre ; il faut tourner quatre clous à tête qui remplissent exactement les trous desdites lames ; puis on trace une ligne au milieu de la largeur des régles, & on les partage en deux également ; ensuite on divise une des moitiés de chaque régle en trois ; & à la premiere mesure, en comptant du milieu, on perce un trou à chaque régle dans la ligne droite qui partage leur largeur, pour y placer une lame avec son clou. Ensuite les régles étant bien jointes ensemble, il faut tracer avec la pointe d'une éguille un trait autour des petites lames, toujours sur la ligne du milieu & percer exactement les trous au milieu de ces traits ; mais pour bien faire il n'en faut percer qu'un & y mettre son clou, pour voir si le trait de l'autre régle est toujours vis-à-vis du trou de la lame. Or c'est ce quatriéme trou qui donnera toute la précision à l'instrument ; car l'ayant percé & ayant mis le clou, on pourra vérifier s'il est bien juste en l'ouvrant à droit & à gauche ; & si les régles sont bien percées, elles se joindront aussi-bien d'un côté que de l'autre. Il faut avoir soin de river les clous doucement, afin de ne rien forcer ni étendre.

Construction d'une autre sorte d'instrument à régles paralleles.

Fig. Q. Les régles qui composent cet Instrument doivent être pareillement droites & égales d'épaisseur ; les deux grandes sont attachées par deux autres un peu plus courtes, percées juste de même longueur par les deux bouts & par le milieu & ajustées de maniére qu'elles font une espéce de zig-zag, qui en s'écartant & se rapprochant font aussi écarter & rapprocher les autres régles parallelement, & ce par le moyen des trous qui sont percés à un des bouts de chaque régle & attachés aux régles à zig-zag avec des clous à tête tournés. Les autres bouts des grandes régles sont fendus à biseaux par-dessous environ au quart de leur longueur, pour faire couler les bouts des petites régles par le moyen des clous à chanfrain qui remplissent les biseaux & que l'on rive aussi pardessous. Enfin l'on met un bouton tourné de cuivre au milieu de chaque régle de ces deux instrumens pour les manier plus aisément, le tout comme il est aisé de le voir par leurs figures.

Leur principal usage est pour tracer des lignes paralleles, en les ouvrant ou les fermant. Elles sont fort commodes pour les desseins d'Architecture & de Fortification, où il y a beaucoup de lignes paralleles à tracer l'une contre l'autre.

Construction du Pédométre.

CEt Instrument, qui se nomme pédométre ou compte-pas, a toutes ses pièces réunies ensemble dans une boëte à peu près semblable à celle d'une montre; sa grandeur est environ de 2 pouces de diamétre & de 6 à 8 lignes d'épaisseur. Nous allons donner la construction de toutes ses piéces en particulier. Fig. S.

La plaque marquée T se place dans le fond de la boëte. Sur cette plaque sont attachées plusieurs piéces, comme on les voit disposées en la figure. La piéce marquée 1 est un petit pied-de-biche d'acier avec ses deux ressorts; il est retenu par un tenon rond qui entre dans un trou, de maniere qu'en tirant la petite lame qui déborde ladite plaque, & qui est attachée par un bout au pied-de-biche, on lui fait faire un mouvement de bascule qui fait tourner une étoile d'acier à 6 pointes: cette étoile est marquée 2 & porte un pignon de 6 dents aussi d'acier de la même hauteur des 2 roues dont nous allons parler. Le ressort d'acier marqué 4, est fait pour empêcher que l'étoile ne recule, & celui marqué 5, est pour faire relever le bout du pied-de-biche, quand il a fait avancer l'étoile d'une pointe.

La plaque marquée V est la même que celle marquée T, si ce n'est qu'elle est recouverte de deux roues d'une même grandeur & placées l'une sur l'autre; celle de dessous a 101 dents, & celle de dessus n'en a que 100; elles sont toutes deux engrenées par le pignon qui est sur l'étoile; en sorte que par une espéce de déclic ou de détente qui fait tourner l'étoile & son pignon, quand la premiere roue a fait son tour & parcouru 100 parties avec son éguille sur le plus grand cadran de la figure S, la roue qui a une dent de plus, recule d'un point & fait avancer l'éguille du milieu sur le petit cadran aussi divisé en 100 parties, laquelle n'acheve un de ses tours que lorsque l'éguille du grand cadran en a fait 100 des siens, qui sont autant de pas, & par conséquent l'éguille du petit cadran n'a fait un tour entier qu'au bout de 10000 pas.

Il y a trois tenons percés & attachés à la plaque de dessous, pour la faire tenir avec des goupilles à la plaque de dessus, sur laquelle sont posés les cadrans de la figure S.

Toute la machine est renfermée dans sa boëte, recouverte d'un cristal: d'un côté il y a deux anneaux pour y passer un ruban, afin d'attacher cet instrument à la ceinture; & à l'autre extrémité de la boëte il y a une ouverture par où passe la petite lame d'acier, pour y recevoir un cordon qui s'attache à la jarretiere.

L'usage de cet instrument est qu'étant ainsi attaché, à chaque tension de genou que l'on fait pour avancer un pas, le cordon tire la lame d'acier; cette lame fait mouvoir le pied-de-biche, & par le même moyen l'étoile avec le pignon, & en même-tems les roues font avancer l'éguille du grand cadran d'une division. A l'inflexion du genou le ressort se replace & se tire de nouveau par une autre tension: & lorsqu'on a pris une mesure, ou que l'on a fait bien du chemin, on regarde sur son cadran & l'on écrit la quantité de pas qu'on a trouvés. Les pas sont à peu près de deux pieds, & il est aisé de s'accoutumer en marchant de les faire justes de cette mesure.

Quand le terrein n'est pas de niveau, les pas ne sont pas égaux; car en des-

cendant ils s'allongent, & en montant ils se racourcissent. Il faut y avoir égard & les réformer par l'expérience.

On fait aussi de ces sortes d'instrumens qu'on ajuste à une roue dont on connoît la circonférence, qui est, par exemple, d'une toise; & quand ladite roue arrive à un certain point où il y a un tenon qui tire une branche de fer, le pied-de-biche se détend, & par ce moyen fait avancer les roues, qui font en méme-tems avancer l'éguille d'une division, & par là l'on connoît combien l'on a parcouru de toises.

On ajuste aussi le compte-pas au derriere d'un carosse, de telle maniere que quand la grande roue du carosse est parvenue à un point, elle fait détendre le cliquet & fait avancer l'éguille d'une division; or en connoissant la circonférence de ladite roue, on sçait combien l'on a fait de chemin.

Construction de la plate-forme, pour diviser & fendre les roues & pignons des Horloges.

X. Planche Fig. A.

L'Instrument marqué A de la planche dixiéme est nommé plate-forme des Horlogeurs. Il sert à diviser & fendre ou faire les dents des roues & les pignons des pendules & montres de poches. Cette machine est très-commode & abrége beaucoup de tems aux horlogeurs, pour fendre facilement les dents des roues & les diviser bien éxactement. La plaque A faite de laiton, bien dressée & de 7 à 8 pouces de diamétre, est d'une ligne d'épaisseur; on y trace plusieurs cercles concentriques que l'on divise en différens nombres pairs ou impairs, dont les plus grands sont toujours les plus près du bord.

Si, par exemple, on veut diviser un de ces cercles en 120 parties égales, on le divise premiérement en deux moitiés, dont chacune contient 60 parties, que l'on subdivise encore en deux moitiés, dont chacune contient 30 parties, que l'on subdivise encore en deux moitiés, dont chacune moitié sera de 15 parties, lesquelles étant divisées en trois feront 5; enfin chacune de ces dernieres parties en 5: & par ce moyen tout le cercle se trouvera divisé en 120 parties.

Mais si l'on veut diviser un de ces cercles en nombre impair, par exemple, en 81 parties égales; il faut d'abord le diviser en trois tiers, dont chacun sera de 27 parties, lesquelles étant subdivisées en trois tiers, chacun desdits tiers sera de 9 parties, & chacune de ces nouvelles parties étant divisées en trois, puis ces trois-ci encore en trois; par ce moyen le cercle se trouvera divisé en nombre impair en 81 parties égales.

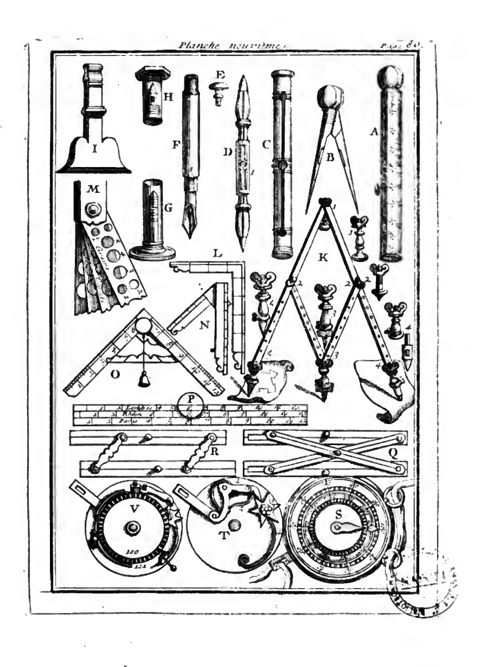
Ainsi de tout autre nombre à diviser en cherchant leurs parties aliquotes les plus convenables aux divisions que l'on se propose de faire.

Les cercles de cette plate-forme étant divisés, on fait avec une pointe d'acier bien fine, des petits points à chaque division.

Quand on veut diviser simplement une roue d'horloge, pour la fendre à la main, on place le trou qui est à son centre à l'arbre qui fait le centre de la plate-forme; & l'ayant arrêté fixément, on trace avec une régle à centre d'acier mince, que l'on fait tourner de division en division d'une des circonférences convenables au nombre, des dents que l'on veut avoir sur la roue, alors elle se trouvera divisée.

Ensuite on refend les dents avec une lime mince, laissant à peu près autant de plein que de vuide, & la roue se trouve achevée.

Mais



A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
V

Mais quand on veut se servir de cette machine pour fendre tout d'un coup les roues d'horloge, elle est composée de la maniere que nous allons l'expliquer.

La figure premiere représente le plan de la machine toute montée & prête à s'en servir. La piéce marquée 1 est le touret qui porte une roue d'acier de l'épaisseur du vuide que l'on veut laisser entre les dents, elle est taillée en lime par le bord & est montée sur un arbre quarré sur lequel il y a une petite bobine ou poulie, afin de la faire tourner entre deux pointes d'acier. L'endroit marqué 2 est le porte-touret, il a un mouvement aux deux extrémités comme la tête d'un compas, afin d'élever ou baisser la roue à lime. Fig. A.

La figure 2 représente le touret de face; à lendroit marqué 1 est la roue taillée en lime montée sur son arbre avec la bobine entre les deux pointes qui sont arrêtées ferme par les deux vis à tête marquées 7. A l'endroit marqué 2 est le mouvement pour placer le touret vis-à-vis de la roue qu'on veut fendre. Les vis marquées 9 sont pour arrêter le touret qu'on fait entrer par le trou quarré où aboutissent lesdites vis dans la piéce de fer marquée 3, qui est une espéce de régle. Ladite régle est double, c'est-à-dire, qu'il y en a une dessus la plate-forme, & l'autre dessous. Elles sont d'une épaisseur convenable, & se tiennent ensemble par les deux bouts avec deux fortes vis, laissant un vuide entre deux suffisant pour contenir la plate-forme, & y faire couler le touret & le ressort qui porte la pointe dont nous parlerons ci-après.

La figure 3 représente le profil de toute la machine montée. La piéce marquée 1 est le touret placé proche la roue qu'on veut fendre marquée 6: ladite roue est posée au centre & arrêtée par des vis à l'arbre qui traverse la machine. La piéce marquée 3 est la régle de fer sur laquelle coulent tant le touret marqué 2 que le ressort qui porte la pointe marquée 4. La piéce qui est au-dessous marquée 5 est une queue de fer, pour tenir ferme toute la machine dans un étau, quand on veut s'en servir.

La figure 4 est une pointe d'acier bien fine & bien trempée qui entre à vis au bout d'une espéce de ressort, qui a un mouvement circulaire pour placer la pointe dans tous les points de division qui sont sur la plate-forme; il y a une autre piéce qui se rejoint sur le ressort, afin d'appuyer par une vis la pointe & l'empêcher de sortir de chaque division où elle est posée.

L'endroit marqué 3 est l'ouverture par où ladite piéce coule le long de la régle de fer, & qu'on arrête où l'on veut par le moyen de la vis qui est au bout.

Enfin la figure 5 est l'arbre qui se met au centre de la machine, & sur lequel on pose les roues qu'on veut fendre en les arrêtant ferme par le moyen des écrous qui sont dessus & dessous. On a pour l'ordinaire plusieurs arbres de différente grosseur à proportion des ouvertures des centres des roues qu'on veut fendre. Fig. A.

L'usage de cette machine est facile; il n'y a qu'à faire tenir fermes les roues au centre à l'endroit marqué 6, puis ajuster le ressort marqué 4, dont la pointe doit être placée bien juste sur la division qui est autour de la circonférence qui contient pareil nombre à celui des dents qu'on veut faire. On approche ensuite le touret avec sa roue à refendre par le moyen de la grande vis qui est arrêtée par un collet taraudé & qui est attaché au bout de la régle de fer à l'endroit marqué 5. L'autre bout de la vis, qui doit être entaillé & non taraudé, entre dans un trou rond qui est au bas du touret, &

eſt arrêté par une goupille, en ſorte qu'en tournant la vis on fait avancer ou reculer le touret tant & ſi peu qu'on veut. Ayant ainſi placé le touret, il n'y a qu'à faire tourner la roue à refendre 4 ou 5 tours par le moyen d'un archet dont la corde eſt paſſée autour de la petite poulie, alors la dent ſera fendue d'un côté ; & ayant fait faire le tour de la circonférence à la machine en plaçant toujours bien juſte la pointe du reſſort dans chaque point de diviſion & donnant toujours à chaque point 4 ou 5 coups d'archet, la roue ſe trouvera fendue & les dents bien faites : les pignons ſe fendent de même. On fait à préſent de ces machines avec leſquelles, au lieu de ſe ſervir d'un archet, on met une manivelle au bout de l'arbre qui porte la roue à lime ; & cela a plus de force.

Il eſt à remarquer que l'on a des roues à refendre de différente épaiſſeur conformément au vuide que l'on veut faire à chaque dent. A la fin de cet Ouvrage je donnerai la conſtruction d'une Pendule à ſecondes, où l'on verra l'utilité de cette machine, qu'on perfectionne tous les jours.

Conſtruction des armures des pierres d'aimant, maniere de tailler leſdites pierres pour les armer, & expériences ſur l'aimant, &c.

X. Planche. Les figures B & C repréſentent deux pierres d'aimant armées ; la premiere en forme de parallélipipede, & la ſeconde en forme de ſphére. Nous allons expliquer la maniére de les bien armer, après avoir parlé des vertus & propriétés de cette pierre.

L'aimant eſt une pierre très-dure & très-peſante qui ſe trouve dans les miniéres de fer. Elle eſt à peu près de la même couleur que le fer ; c'eſt pourquoi on la met au rang des minéraux ; elle a des propriétés merveilleuſes, dont l'une eſt d'attirer le fer & l'autre de ſe diriger vers les pôles du monde. La communication de ſa vertu eſt ce qui la fait conſidérer par tout le monde pour les grands avantages qu'on en reçoit ſoit par l'uſage de la bouſſole dans les voyages de long cours, ſoit par les autres utilités qu'on en retire dans les ſciences.

L'aimant attire le fer & réciproquement le fer attire l'aimant, même à travers des corps qui leur ſont interpoſés. Cette pierre communique auſſi au fer la faculté d'attirer un autre : car un anneau de fer par exemple, qui a été touché d'une bonne pierre d'aimant, enleve un autre anneau par un ſimple attouchement, & ce ſecond anneau un troiſiéme & ainſi de ſuite : au moyen dequoi ils ſont comme une eſpéce de chaîne ; mais il faut que le premier anneau ſoit plus fort que le ſecond, & le ſecond plus que le troiſiéme.

On voit auſſi que la lame d'un couteau qui a été touchée d'un aimant enleve des éguilles & des petits morceaux de fer. Si l'on met pluſieurs éguilles à coudre ſur une table les unes près des autres & qu'on approche un aimant de la premiére éguille, cette premiére ayant acquis la vertu magnétique attirera la ſuivante, & celle-ci une autre, enſorte qu'elles paroîtront toutes comme attachées les unes aux autres.

Le fer attire réciproquement l'aimant lorſque cette pierre ſe peut mouvoir librement ; car ayant mis une pierre d'aimant dans une eſpéce de petit bateau leger qui puiſſe flotter ſur l'eau d'un baſſin, ſi on lui préſente un morceau de fer à une diſtance convenable, on verra que ce petit bateau fendra l'eau par la vertu de l'aimant qui veut ſe joindre au fer.

Pour éviter l'embarras de se servir d'eau & de petits bateaux, principalement en hiver, on a depuis peu inventé une espéce de balance magnétique qui consiste en une piéce de laiton ou d'argent contournée en maniére d'anse de petit seau ; au milieu de cette anse il y a une piéce en balustre qui se termine en pointe, & on la pose sur un petit enfoncement qui est au bout d'un morceau de fil de laiton ou d'argent, & est attaché à un petit pied-d'estal qui sert à porter toute la machine, en sorte qu'elle puisse se mouvoir en tous sens. Aux deux extrémités de l'anse sont deux petits bassins, dans l'un desquels on met un aimant & dans l'autre une boule de fer qui fasse équilibre avec l'aimant. On peut faire avec cette petite machine les mêmes expériences qu'avec les petits bateaux ; car étant posée sur le pivot elle tourne très-facilement, en sorte que présentant le pôle boreal d'un aimant au pôle boréal de l'aimant placé dans le bassin, cet aimant fuira avec beaucoup de vitesse celui qu'on lui présente, & présentant le pôle boréal de l'aimant qu'on tient à la main au pôle austral de celui qui est dans le bassin, cet aimant s'approchera aussi-tôt & s'arrêtera dans l'instant ; on fait aussi avec cette balance les mêmes choses par les boules d'acier qu'avec les bateaux.

A l'égard de la proprieté de l'aimant, qui est de se diriger vers les pôles du monde, on la reconnoît par l'expérience suivante : Quand on laisse flotter un morceau de liége avec une pierre d'aimant sur une eau dormante, sans qu'il y ait de fer ou autre chose qui l'empêche de se mouvoir librement & de prendre sa situation naturelle, on remarque qu'elle se dispose toujours d'une même façon à l'égard du Midi & du Septentrion, de sorte qu'un endroit de cette pierre regarde toujours le Septentrion, & son opposé le Midi.

On doit remarquer que l'aimant ne se dirige pas droit au pôle du monde ; à cause de sa déclinaison qui est à présent de plus de 17 dégrés Nord-Ouest, en sorte que le pôle boréal de l'aimant se dirige à plus de 17 dégrés près de celui du monde, & son opposé également : ce qui a fait appeller pôles de l'aimant ces deux endroits qui regardent les deux pôles magnétiques du monde, & axe principal de l'aimant la ligne droite qui s'étend d'un pôle à l'autre. C'est autour de cet axe que se manifeste la plus grande force de l'aimant, & c'est aux deux pôles que sa vertu se communique davantage. On a aussi imaginé un équateur, qui est un cercle autour de la surface de l'aimant également distant des pôles, & même des méridiens passans par ses deux pôles principaux, ce que l'on a nommé sphére magnétique par le rapport de toutes les proprietés que l'aimant a avec le globe de la terre, que l'on peut aussi considérer comme un véritable aimant par toutes les expériences qu'on en a faites.

Pour trouver les pôles principaux d'une pierre d'aimant, il faut poser sur une carte cette pierre en sorte que son axe principal se trouve dans le plan de ladite carte ; puis semer de la limaille de fer ou d'acier en la tamisant ; ensuite dequoi on frape doucement avec un petit bâton, afin que mettant en mouvement cette limaille, la matiére magnétique lui fasse prendre un arrangement conforme au chemin que tient cette matiére pour passer d'un pore boréal dans un autre pore austral ; alors on s'appercevra que cette limaille sera rangée en forme de plusieurs demi-circonférences, dont les extrémités opposées marqueront les pôles de l'aimant, *Fig.* A B.

Ces opérations font croire qu'il y a une matiére magnetique qui entre par un des pôles de la terre, & qu'elle sort par un autre pôle en décrivant une ligne courbe pour aller rentrer par le même pôle où elle étoit déja entrée. Cette matiére étant ainsi mûe continuellement entre dans les corps qu'elle trouve dans son passage, qui sont propres à la recevoir. Les pores des pierres d'aimant, & ceux de l'acier & du fer sont plus proportionnés à la grosseur & à la figure des petites parties de matiére magnétique que les pores des autres corps. Une partie de cette matiére magnétique en circulant autour de la terre entre donc dans les pierres d'aimant dans le tems de leur formation dans les entrailles de la terre par l'un des deux endroits qui se tourne vers les pôles de la terre & sort par l'autre, & il se forme un tourbillon autour des pierres d'aimant de même qu'autour de la terre.

On peut encore connoître les pôles d'un aimant en le plongeant dans de la limaille de fer ou d'acier, ou pour le mieux, dans de petits bouts de fil d'acier qu'on a coupé; car pour lors ils feront plusieurs différentes configurations autour de la pierre; il y en aura qui seront tout-à-fait couchés, d'autres à demi-courbés, & enfin d'autres tout droits; & ces endroits de la pierre où ces petits bouts d'acier seront perpendiculaires & où la limaille sera hérissée, seront immanquablement ses pôles, & l'endroit où ils se tiennent couchés marquera son équateur.

Connoissant ainsi les pôles de l'aimant on déterminera leurs noms en le faisant flotter sur l'eau sur un petit morceau de liége ou le suspendant avec un fil, de telle sorte que son axe soit parallele à l'horison; alors le pôle de cette pierre qui se tournera vers le Nord du monde sera le Sud de l'aimant, & le point opposé sera le Nord.

On connoîtra aussi les pôles d'un aimant avec une boussole; car présentant une éguille aimantée à une pierre d'aimant, le bout qui aura été touché tournera aussi-tôt vers le pôle de la pierre qui lui convient, & l'autre bout de l'éguille tournera de même vers l'autre pôle de la pierre.

Les pôles de la pierre étant trouvés, il est nécessaire de la tailler & de lui donner une forme réguliére en retranchant ce qui est inutile soit avec une scie & de la poudre d'émeri, ou bien sur une meule de gagne-petit, en lui conservant son axe le plus long qu'il sera possible, & donnant à ses pôles une figure semblable; pour achever de la dresser & l'adoucir, on la frottera sur une plaque de fer unie avec du grais ou du sable.

Pour faire un grand nombre d'expériences, il est à propos de faire prendre à la pierre une figure la plus réguliére qu'il est possible, laquelle figure se détermine par rapport à celle de la masse irréguliére qu'on veut travailler; la cubique, la parallélipipede, l'ovale & la ronde sont les plus avantageuses; mais il faut préférer la parallélipipede & l'ovale, à cause que l'axe principal de l'aimant en étant plus long l'effet en sera plus sensible. Si on veut tailler une pierre en forme de sphére, il ne faut pas s'embarasser de chercher d'abord ses pôles ni son axe; il faudra seulement la dégrossir dans un bassin de fer bien concave, en se servant pour cela de poudre d'émeri, puis achever de l'arrondir dans une matrice ou bassin de cuivre concave avec du grais, & ensuite pour l'adoucir on se servira de sable fin.

La figure sphérique d'un aimant est fort avantageuse pour plusieurs expériences; on trouve ses pôles de la même maniére que nous avons dit ci-devant.

Mais avant que de se donner la peine de couper & de tailler une pierre d'ai-

mant, il est à propos de s'assûrer de sa bonté, en voyant si elle se charge bien de limaille de fer ou de petits morceaux d'acier, & si elle n'a point de matiére étrangere qui traverse ses pores & qui empêche la matiére magnetique de circuler & de passer d'un pôle à l'autre.

La bonté d'un aimant consiste en deux choses essentielles, qui sont premiérement d'être homogéne, c'est-à-dire, qu'il ait un grand nombre de pores remplis de même matiére magnétique, laquelle les parcoure en formant autour dudit aimant un tourbillon très-étendu & rempli d'un grand nombre de particules de même genre. En second lieu, que sa figure soit de façon à pouvoir contribuer à sa force, étant certain que de tous les aimants de pareille bonté, celui-là l'emportera pardessus tous, qui sera le plus vigoureux & qui aura son axe plus long, qui sera le mieux poli, & dont les pôles se rencontreront justes aux deux extrémités.

Deux aimants étant sur l'eau dans une petite gondole, ausquels on présentera leurs pôles hétérogénes, c'est-à-dire de divers noms, s'approcheront; au lieu que quand on leur présente leurs pôles homogénes, c'est-à-dire de même nom, ils se fuient.

Si un aimant est coupé en deux piéces parallélement à son axe, les côtés des piéces qui étoient ensemble avant la division, se fuient.

Si un aimant est coupé en deux pieces suivant son équateur, les côtés des piéces qui étoient ensemble avant la coupe, se trouvent pôles de divers noms & s'approchent.

Un aimant fort qui en touche un plus foible, l'attire par son pôle de même nom, &c.

Description des armures.

L'Armure d'un aimant taillé en parallélipipede rectangle est composée de deux morceaux d'acier ou de fer bien doux en forme d'équerre; l'acier trempé est plus propre que le fer, parce que ses pores sont plus serrés & en plus grande quantité. Il faut avoir grand soin que les armures embrassent & touchent bien justement les pôles, & qu'elles soient épaisses à proportion de la bonté de l'aimant: car si à un foible aimant on mettoit une forte armure, elle ne feroit point d'effet, parce que la matiére magnétique n'auroit pas assez de force pour passer à travers; de même si l'armure d'une forte pierre étoit trop mince, elle ne pourroit pas contenir toute la matiére magnétique qu'elle devroit contenir, & par conséquent ne feroit pas tant d'effet. Fig. B.

Cela se reconnoît en éprouvant & limant peu à peu les armures jusqu'à ce que l'on voye que l'effet s'augmente, & quand il n'augmente plus, c'est une marque que les armures sont dans une juste proportion & qu'elles ont l'épaisseur convenable. Après quoi il faut les adoucir en dedans & les polir en dehors.

A l'égard des têtes des armures elles doivent être plus épaisses que le reste, & couvrir environ les deux tiers de la longueur de l'axe.

On éprouvera de même l'épaisseur & la longueur qui conviendront le mieux à la pierre, en les limant peu à peu.

Il faut sur tout avoir grand soin que les deux têtes soient d'égale épaisseur, & que leurs bases se rencontrent bien juste dans un même plan. Ensuite on ajustera une ceinture de laiton ou d'argent marquée 5 autour de la pierre qui servira à serrer & maintenir les armures par le moyen des deux vis marquées 1; on mettra aussi au-dessus une platine de laiton, ou autre matiére qui portera le pendant & son anneau; ladite platine maintiendra le

haut des armures avec deux écrous aux endroits marqués 6. On ajuste enfin un porte-poids avec son crochet de même matiére. Il est composé d'une lame d'acier de longueur, largeur & épaisseur convenable, & du côté où il doit toucher les bases des têtes des armures, il faut qu'il soit bien droit, bien adouci & un peu arrondi par les bords, afin que le contact s'en fasse mieux.

Fig. C. A l'égard de l'armure de l'aimant sphérique, elle est composée de deux coquilles d'acier qui se tiennent par le haut avec une charniére aux endroits marqués 6, d'une ceinture à l'endroit 5, d'un anneau à l'endroit 4, & d'un porte-poids à l'endroit 2. Il faut sur tout que les coquilles soient bien fraisées en rond par dedans & qu'elles joignent bien juste la superficie; de maniére que chacune embrasse bien ses pôles & qu'elle couvre une très-grande partie de la convexité de la pierre. On connoît l'épaisseur & la largeur qui convient à cette armure par des épreuves semblables à celles dont nous avons parlé ci-devant. Au reste les figures B & C font assez connoître ce que nous venons de dire.

C'est une chose merveilleuse que deux petits morceaux d'acier, qui font l'armure d'un aimant, semblent augmenter tellement sa force, qu'on a vû de bonnes pierres lesquelles après avoir été armées, enlevoient plus de cent-cinquante fois plus qu'elles ne faisoient lorsqu'elles étoient nues.

Il y a des pierres passablement bonnes, qui pesent nues environ trois onces & n'enlévent qu'une demi-once de fer; mais étant armées elles lévent plus de sept livres.

Pour conserver un aimant on le tient dans un lieu sec parmi de petits bouts de fil d'acier: car la limaille, qui est toujours pleine de poussiére, le fait rouiller.

On le suspend aussi quelquefois, afin qu'ayant la liberté de se mouvoir, il se dirige vers les pôles du monde.

Dans cette situation on lui met son porte-poids avec le crochet, auquel on attache la charge qu'il porte d'ordinaire, & de tems en tems on y ajoute quelque petit poids nouveau; & ayant continué pendant quelques jours, on verra qu'il soutient beaucoup plus de poids qu'il ne faisoit auparavant.

Nous allons rapporter plusieurs expériences que l'on fait ordinairement avec la pierre d'aimant.

LA premiére & la plus utile est celle d'aimanter les éguilles des boussoles. Pour le faire adroitement, on coule doucement & on tire de loin l'éguille 3 ou 4 fois sur un des pôles de l'aimant depuis son milieu jusqu'à son extrémité; mais il faut remarquer que le bout de l'éguille d'une boussole qui a touché à un des pôles de l'aimant, se tourne vers l'endroit du monde opposé à celui qui regarde ce pôle; c'est pourquoi si on veut que le bout de l'éguille se dirige vers le Nord, il faut le faire toucher au pôle de l'aimant qui regarde le Sud. Plus les éguilles sont longues, moins elles ont de vibration.

Cette merveilleuse direction de l'aimant & de l'éguille aimantée vers les pôles du monde n'est connue en Europe que depuis environ 200 ans, & les Pilotes en tirent la principale connoissance de leurs routes dans les gran-

des navigations. Ce qui est incommode, c'est que l'éguille aimantée ne se dirige pas toujours exactement vers les pôles du monde, mais qu'elle décline tantôt plus tantôt moins vers l'Orient ou vers l'Occident, & que sa déclinaison n'est pas même égale par tout. Il paroît que cette variation est plus sensible dans les climats septentrionaux que vers l'Equateur, & même cette variation n'est pas égale dans un même climat. La France & ses environs répondent pour le climat à la mer Caspienne; cependant la déclinaison n'a pas été en France plus loin qu'à 17 dégrés & demi Nord-Est; & dans la mer Caspienne elle a été jusqu'à 24. Depuis le commencement du siécle passé cette variation a toujours diminué à Paris, jusqu'en 1666. qu'on n'en trouva point à l'Observatoire; depuis lequel tems la variation ayant passé au Nord-Ouest, elle s'est accrue petit à petit jusqu'à cette année qu'elle a été trouvée à l'Observatoire de 17 dégrés du même côté. Il y a des Auteurs qui attribuent ces changemens à des mines de fer ou d'aimant, qui se forment de nouveau dans de certaines parties de la terre, pendant qu'il s'en détruit en d'autres, ce qui détourne le cours de la matiére magnétique qui passe d'un pôle à l'autre de la terre dont la direction de l'aimant ou de l'éguille aimantée est aussi détournée.

A une éguille aimantée de boussole, outre sa déclinaison on remarque encore son inclinaison, c'est-à-dire, qu'une telle éguille étant en équilibre sur son pivot avant d'être aimantée, elle perd cet équilibre en l'aimantant, & le bout qui dans ce pays tourne au Nord, panche alors vers la terre, comme si l'éguille étoit devenue plus pesante de ce côte-là: c'est ce qui fait qu'avant d'aimanter les éguilles, on laisse le côté qui doit regarder le Nord plus léger que celui qui doit regarder le Sud. Cette inclinaison augmente à mesure qu'on approche du pôle, & diminue quand on approche de l'Equateur; tellement que sous la ligne équinoxiale l'éguille se trouve en équilibre: quand on a passé la ligne pour aller vers la partie méridionale du monde, pour lors l'autre bout de l'éguille qui regarde le pôle du Sud, commence à pancher vers la terre, tellement que les Pilotes sont obligés de mettre un peu de cire tantôt à un bout de l'éguille tantôt à l'autre, pour la mettre en équilibre. Plus l'aimant sur lequel on touche les éguilles a de force, plus il les fait pancher.

On fait exprès des éguilles pour observer cette inclinaison. C'est un morceau d'acier fort uni, traversé par le milieu à angles droits d'un fil de laiton qui sert à la soutenir sur deux petits pivots à la maniére que le fléau d'une balance est soutenu. Elle est d'abord mise en équilibre; mais après qu'elle a été frottée d'un bon aimant, quand on la met dans le plan du Méridien à Paris, le bout de l'éguille qui regarde le Nord, trebuche; & quand elle est arrêtée, elle incline à l'Horison d'environ 70 dégrés.

Si l'on passe une lame d'acier sur un des pôles de l'aimant armé de la même maniére que nous avons dit des éguilles de boussole, cette lame acquiert en un instant la vertu magnétique, & ne la perd que peu à peu & après plusieurs mois, à moins qu'on ne la mette au feu; une lame d'acier étant passée sur une bonne pierre enléve jusqu'à 12 à 14 onces.

Les deux bouts de cette lame ainsi aimantée deviennent pôles de divers noms; l'un boréal, sçavoir celui dont l'attouchement finit sur le pôle austral de la pierre; & l'autre austral, si l'attouchement a été fait sur le pôle boréal de ladite pierre: car si cette lame est assez légére pour nager sur l'eau, elle se dirigera, comme l'aimant, au Nord & au Sud.

Le bout de cette lame par lequel l'attouchement a fini, leve beaucoup plus de fer que l'autre bout ; & si l'on passe une seule fois cette lame à contre-sens sur la pierre, elle n'en levera plus, mais elle aura perdu sa vertu. Il en est de même d'une éguille de boussole, d'une lame de couteau, &c.

Deux lames aimantées se fuïent & s'approchent comme l'aimant.

Si une lame d'acier nage sur l'eau, on la fera mouvoir comme on voudra, selon qu'on lui présentera les pôles d'un aimant, ou d'une autre lame aimantée.

Une éguille fine, enfilée & soutenue par un fil, fera voir ce qu'on nomme sympathie & antipathie : car cette éguille fera chassée par un pôle d'un aimant, & attirée par l'autre.

On fera tenir debout une éguille sans qu'elle touche à l'aimant, en sorte qu'on pourra passer entre elle & l'aimant une piéce d'argent, ou autre matiére, pourvû que ce ne soit pas de fer.

Si autour d'un aimant rond ou d'une autre figure suspendu par un fil on place circulairement sur leurs pivots plusieurs petites éguilles de boussole aimantées, & qu'on fasse mouvoir l'aimant en tout sens, on verra aussi mouvoir toutes ces éguilles d'une maniere agréable, en prenant différentes situations, & lorsque l'aimant cessera de se mouvoir ces éguilles cesseront aussi en observant chacune à part une disposition conforme à la façon dont on l'aura aimantée.

Nous avons parlé de l'arrangement de la limaille autour d'un aimant posé sur un carton ; il en sera à peu près de même autour d'une lame d'acier aimantée.

Si l'on séme de la limaille sur un carton & que l'on passe un aimant dessous, la limaille se dressera, puis se couchera du côté d'où vient l'aimant.

Si au lieu de limaille on met sur un carton un ou plusieurs bouts d'éguilles cassées, ils se dresseront par un bout en présentant un des pôles de l'aimant ; mais si l'on présente l'autre pôle, ils feront la culbute, puis se redresseront sur l'autre bout.

Il n'est pas ordinairement facile de séparer une poussiére noire mêlée avec du sable blanc, & proposer ce problême à résoudre à une personne qui n'en auroit pas le secret, ce seroit lui demander l'impossible : cependant si l'on mêle de la limaille de fer avec du sablon d'Etampes, on les sépare facilement avec une pierre d'aimant ou une lame d'acier aimantée : car enfonçant l'un ou l'autre dans ce mélange, on enleve à diverses fois tout ce qu'il y a de fer parmi ce sable, qui reste seul.

Un aimant enleve une piroüette qui tourne & dont l'axe est d'acier ; & si elle est un peu pesante, elle tournera plus long-tems en l'air qu'elle n'auroit fait sur une table, où le frottement fait plutôt cesser son mouvement. Si l'aimant a assez de force, la piroüette qui y tient peut en enlever une seconde, & toutes les deux tourneront à contre-sens.

On peut encore faire une expérience assez divertissante, en mettant dans un bassin plat où il y a de l'eau, de petits poissons ou des cignes d'émail, qui sont ordinairement enfilés d'un fil d'acier. On aura le plaisir de les voir nager & courir çà & là en passant sous le bassin une bonne pierre d'aimant. On peut leur donner tel mouvement qu'on veut en promenant la pierre de différentes façons : car si on la tourne en serpentant, les poissons serpenteront ; si on leur présente le pôle de l'aimant, ils plongeront comme

pour

pour s'y joindre. On y peut aussi mettre de petits soldats d'émail, que l'on pourra faire approcher ou écarter les uns des autres en forme de combat ; & en leur présentant l'équateur de l'aimant, ils se couchent & semblent tomber.

C'est une chose assez curieuse de voir une éguille à coudre enfilée ou une petite fléche attachée par un cheveu à l'arc d'un Cupidon, demeurer suspendue en l'air à 8 ou 10 lignes de distance d'un bon aimant ; & quoiqu'avec le bout d'une éguille on écarte un peu plus cette fléche à droit ou à gauche, elle se rapproche aussi-tôt, & par son agitation elle semble vouloir se joindre à cette pierre avec beaucoup de vitesse.

Nous laissons plusieurs autres expériences, parce qu'elles nous méneroient trop loin : il s'en fait plus de cent différentes. Le principal est d'avoir un bon assortiment d'aimant pour faire les plus belles & les plus curieuses.

Construction d'un aimant artificiel.

CEt Instrument est composé de plusieurs lames d'acier bien dressées & bien unies, mises les unes sur les autres. Pour le faire passablement bon il en faut du moins une vingtaine, suivant la force de l'aimant qu'on veut faire, qui ayent environ dix pouces de longueur, un pouce de largeur & demi-ligne d'épaisseur : il seroit inutile de les faire plus épaisses, parce que la vertu magnétique ne se communique pas plus avant dans l'acier. Fig. 88.

Ces lames étant aimantées avec une bonne pierre, on les place l'une sur l'autre suivant leurs plus larges surfaces, ayant leurs pôles de même nom tournés du même côté & formant un parallélipipede rectangle. Ces lames sont pressées par quatre étriers de laiton & autant de petits coins de même matiére, marqués 3 & terminés par deux armures de fer, de longueur, largeur & épaisseur convenables. La base de leurs têtes a environ deux pouces de largeur. Ces armures sont retenues par une ceinture de laiton & serrées avec des vis marquées 2. Il y a une plaque de laiton qui les couvre par dessus, à laquelle est attaché le pendant avec son anneau, & au-dessous est son porte-poids marqué 5. Il faut faire en sorte que le dessus du porte-poids fasse un contact le plus parfait qu'il est possible avec les têtes des armures. Quand les aimants artificiels sont bien faits & touchés avec de bonnes pierres, ils ont autant de vertu que les bons aimants naturels, & on peut s'en servir pour faire les mêmes expériences.

Il se fait aussi un aimant artificiel plus simple que celui dont je viens de parler. Ce sont trois ou quatre lames d'acier, comme le bout d'en-bas des fleurets de la longueur de 12 à 15 pouces, qu'on aimante avec une bonne pierre. On les joint ensemble en les serrant avec des étriers de laiton, le bout d'en-bas qui sera le plus mince & qui aura été touché, enlevera le fer & touchera les éguilles de boussoles ; mais il faut avoir soin de retoucher ces lames de tems en tems.

Construction du Peson à ressort.

CEtte machine est un Peson qui se peut porter aisément à la poche, & dont on se sert bien facilement pour peser un poids depuis une livre jusqu'à environ 40. Fig. D.

Cet Instrument est composé d'un tuyau ou canon de cuivre bouché par les deux bouts, long de 4 à 5 pouces & large de 7 à 8 lignes, dont on voit un bout marqué 3, le reste étant ouvert pour faire voir le dedans qui est un ressort de fil d'acier trempé, fait en maniére de vis, comme un tire-boure d'arquebuse & marqué 2. Il y a par le bout d'en-haut une petite virole marquée 6, qui a un trou quarré par où passe une verge de cuivre marquée 1, qui est aussi quarrée, & qui traverse le ressort, sur laquelle verge sont les divisions des livres qu'on y a marquées, en mettant successivement au crochet marqué 4 un poids d'1, 2, 3 livres, &c. suivant qu'on veut que le Peson porte de poids. On écrit aussi les chifres de 5 en 5 sur la verge; & le lieu où elle se trouvera coupée par le bord du trou quarré marqué 7, marquera les livres; ce qui arrivera en divers points par les différens poids attachés au crochet 4, qui par leur pesanteur feront étendre & retrécir le ressort, & en même tems sortir en dehors une plus grande ou plus petite partie de la verge, qui doit être arrêtée par le bout d'en-bas au ressort par une petite vis.

L'usage en est fort facile: car la virole à vis marquée 6 étant mise au haut de la grande virole, le ressort sera dans toute son étendue au long de la branche; & en mettant un poids au crochet, il fera replisser ledit ressort & sortir la branche en dehors; alors remarquant le nombre qui sera coupé par le bord de la petite virole, ce seront autant de livres que pesera ce qui sera attaché au crochet.

La principale justesse de cette machine consiste en la trempe du ressort, afin qu'il se ploye & se tende suivant la force du poids qu'on lui veut faire porter. Il faut aussi que le fil d'acier soit gros à proportion du poids que le peson portera de livres, ce qui déterminera aussi la grosseur & la longueur de l'Instrument.

Construction du Peson à fléau.

Fig. E. CEt Instrument est une espéce de Peson ou balance de l'invention de Mr Cassini. Cette balance consiste en une verge suspendue par un fléau en son point d'équilibre 5, qui divise ladite verge en deux bras, comme celle des balances communes. Chacun de ces bras est divisé en parties égales suivant la longueur de l'instrument, dont l'ordre commence du point de l'équilibre allant vers les deux extrémités marquées 1 & 2.

L'usage de cette balance est de connoitre le poids & le prix des marchandises en même tems. Si on veut se servir de cette balance pour peser les marchandises, il faut mettre à un des bras de la balance un contre-poids marqué 4, d'une livre ou d'une once, suivant que les marchandises se pesent par livres ou par onces, de telle maniere qu'il puisse couler le long du bras comme dans les romaines, & de l'autre côté il faut mettre un fil de soye pour soutenir la marchandise. Pour en sçavoir le poids, il faut mettre le fil de soye à la premiere division qui est la plus proche du point de l'équilibre; & faisant couler le contre-poids jusqu'à ce qu'il fasse équilibre il marquera dans ce point le nombre des livres ou des onces de la marchandise.

Si l'on veut sçavoir le prix de toute la marchandise à raison du prix convenu, comme à 7 sols l'once ou la livre, mettez le fil qui soutient la mar-

chandise à la septiéme division du méme bras, ensuite faisant couler le contre-poids sur l'autre bras, jusqu'à ce qu'il soit en équilibre, le nombre des divisions depuis le point de suspension jusqu'au contre-poids, sera le nombre des sols ou la valeur de la marchandise pesée.

Pour les marchandises qui ne sçauroient étre pesées que dans un bassin, prenez-en un qui soit d'un poids connu, comme d'une once ou d'une livre, le crochet pour le suspendre y compris; & pour trouver le poids & le prix de la marchandise, faites la meme chose que vous avez faite avec le fil de soye, & en ôtez celui d'une livre ou d'une once, qui est le poids du bassin.

La livre dont on se sert à Paris est de 16 onces & se divise en deux marcs qui sont chacun de 8 onces; l'once se subdivise en 8 gros, le gros en 72 grains, & le grain, qui est à peu près le poids d'un grain de froment, est le plus petit poids qui soit en usage.

Le quintal pese cent livres.

Rapports du poids de Paris à ceux des pays étrangers.

La livre d'Avignon, Lyon, Montpellier & Toulouse pese 13 onces.

La livre de Marseille & de la Rochelle pese 19 onces.

La livre de Rouen, Besançon, Strasbourg & Amsterdam pese 16 onces, comme celle de Paris.

La livre de Milan, Naples & Venise pese 9 onces.

La livre de Messine & de Gennes pese 9 onces 3 quarts.

La livre de Florence, Ligourne, Pise, Sarragosse, Valence pese 10 onces.

La livre de Turin & de Modéne pese 10 onces & demie.

La livre de Londres, Anvers & Flandre pese 14 onces.

La livre de Basle, Berne, Francfort, Nuremberg pese 16 onces & 14 grains.

Celle de Genéve, 17 onces.

Construction d'une Mousle.

L'Instrument marqué F est une Mousle double. Elle est composée de deux chapes, dont chacune porte huit poulies creusées dans l'épaisseur d'un petit canal pour recevoir la corde & l'empécher de se détourner. Elle est attachée par un bout à la chape supérieure; & après avoir fait le contour de toutes les poulies, l'autre bout de la corde se joint à la puissance représentée par une main. Quatre de ces poulies sont portées par un méme essieu, & quatre par un autre, aussi-bien dans la chape supérieure que dans l'inférieure. Au-dessus de la chape d'en-haut il y a un anneau pour attacher la machine en un lieu fixe, & au-dessous de la chape d'en-bas il y a un autre anneau pour attacher le poids. Fig. F.

L'usage de cette machine est pour élever ou attirer à soi de gros fardeaux, en multipliant la force de la puissance, laquelle augmente dans la raison de l'unité au nombre double des poulies d'en-bas: de sorte que dans cet instrument, où la mousle d'en-bas contient huit poulies, si le poids marqué 4 pese 16 livres, il ne faudra à peu près qu'une livre de force à la

puissance pour faire équilibre. Je dis à peu près, parce qu'il en faut un peu plus à cause du frotement de la corde & des essieux. Les poulies de la chape d'en-haut ne contribuent point à augmenter la force, mais seulement à faciliter le mouvement en évitant le frotement des cordes, parce qu'étant comme des leviers de la premiere espéce, dont le point fixe est au milieu, la puissance est égale au poids; mais les poulies de la mousle d'en-bas sont comme des leviers de la seconde espéce, dont le point fixe est à un des bouts: car leur diamétre est comme appuyé sur un bout & levé de l'autre; ce qui fait que chacune de ces poulies double la force parce que la distance de la puissance est double de celle du poids.

Construction de la canne à vent.

CEtte machine représente une canne à vent, ou même une arquebuse; dont la différence est peu de chose pour la construction. Elle a environ 3 pieds de long sur 12 ou 15 lignes de grosseur. Le tuyau 4 est fait de laiton
Fig. G. bien rond & bien soudé, de 4 à 6 lignes de diamétre. Il est bouché du côté opposé à l'ouverture. Le creux du tuyau est ce que l'on nomme l'ame du canon; l'endroit marqué 1 est un autre tuyau aussi de laiton tellement disposé autour du premier, qu'il demeure un espace marqué 4, dans lequel l'air peut être enfermé. Ces deux tuyaux doivent être unis ensemble par une plaque circulaire attachée au bout & exactement soudée à l'un & à l'autre, pour que l'air n'en puisse sortir. La piéce marquée 8 est une sou-pape qui bouche une ouverture qui se peut faire du dehors en dedans, c'est-à-dire, qui permet à l'air de passer de 2 vers 1, mais non pas de retourner de 1 vers 2. Il y a encore deux ouvertures au tuyau intérieur environ vers le bout, qui ressemble à la culasse d'un canon ordinaire; l'une est marquée 6, par où l'air pourroit échaper de la cavité 4 dans l'ame du canon, s'il n'en étoit empêché par une sou-pape à ressort, qui ne se peut ouvrir que de dehors en dedans, & que l'air presse d'autant plus contre le trou, qu'il fait plus d'effort pour sortir. L'autre ouverture est marquée 5, par laquelle il y a communication du dehors de toute la machine au dedans du canon intérieur, de telle sorte cependant que l'air que l'on a renfermé dans la cavité 4, ne peut sortir par l'ouverture 5, en étant empêché par le moyen d'un petit bout de tuyau qui est soudé aux deux tuyaux 1 & 4. Enfin le tuyau 2 représente le corps d'une seringue par laquelle on introduit le plus d'air qu'on peut dans l'espace 4; après quoi ayant fait couler une balle près le petit tuyau 5 dans l'ame à l'endroit marqué 8, la canne ou arquebuse se trouve toute chargée.

Pour la décharger il ne faut qu'enfoncer dans le petit tuyau 5 une petite cheville ou poinçon rond qui remplisse le trou par lequel on pousse la sou-pape à ressort qui est à l'ouverture marquée 6: car alors l'air qui étoit pressé dans la cavité 4 se dilate, & sortant par l'ouverture marquée 5 dans l'ame du canon, pousse la balle au dehors avec impétuosité & d'une si grande force, qu'elle perce une planche d'une moyenne épaisseur.

Le piston marqué 9 est à peu près semblable à celui d'une seringue. L'étrier marqué 12, qui est au bout, est fait pour passer le pied dedans, afin de pomper l'air plus facilement. Il faut avoir grand soin que le corps de la seringue soit bien juste & bien rond, afin que l'air ne s'en retourne pas.

Il est aussi nécessaire que le piston remplisse très-juste le corps de pompe, & qu'il y ait deux petits trous, afin qu'en tirant l'étrier en dehors, l'air pressé fasse lever une petite plaque de cuir qui est attachée au bout dudit piston, pour le laisser passer entre le piston & la sou-pape; ensuite repoussant le piston en dedans, l'air se trouvant encore pressé, fait lever la petite sou-pape qui bouche le trou de communication, & par ce moyen l'air passe dans la capacité 4 & n'en peut sortir sans faire son effet.

La canne se démonte en deux à l'endroit marqué 7 par le moyen d'une grosse vis creuse.

La figure 10, qui est à part, représente la petite sou-pape qui bouche le trou de communication. Il y a une espéce de vis en tire-boure, afin que par son ressort elle puisse se relever & se rebaisser suivant que l'air la fait agir.

La petite figure 11 représente le ressort en sou-pape. On le met en dedans du canon quand la canne est démontée. Il sert à boucher le trou qui est à l'ame du canon. Il faut sur tout qu'il soit si bien ajusté, que l'air ne s'échape point du tout. On attache audit ressort à l'endroit qui bouche le trou, un morceau de cuir de Hongrie, afin que ce trou soit bien bouché. On démonte aussi l'étrier qui est au bout du piston pour mettre une pomme de canne ordinaire à sa place.

Construction de l'Eolipile.

CEt Instrument est fait de laiton battu & rétraint en forme de boule ou poire creuse. On soude une espéce de tuyau en forme de goulet, qui est percé d'un très-petit trou par le bout. Le vase n'est d'abord rempli que d'air que l'on fait rarefier en l'approchant du feu, afin qu'il en échape une bonne partie par sa petite ouverture, ensuite on plonge l'Eolipile dans de l'eau froide qui fait condenser l'air contenu dans l'instrument, & donne passage à l'eau qui entre par la petite ouverture & remplit le vuide. Fig. H.

Ayant ainsi rempli en partie d'eau cette Eolipile environ le tiers de sa capacité, si on la pose sur des charbons ardens dans la situation semblable à celle que vous voyez dans la figure, l'eau qui est dans la partie basse venant à s'échauffer, se dilatera petit à petit & s'élevera peu à peu en vapeurs, qui volant dans l'espace d'en-haut où il n'y a que de l'air, se chassent les unes les autres pour sortir en foule par la petite ouverture, en sorte que celles qui sont auprès du trou sortent par-là avec beaucoup de vitesse. Ces vapeurs entraînant l'air avec elles, produisent un vent & un sifflement violent qui souffle le feu & qui continue jusqu'à ce que toute l'eau soit évaporée ou que la chaleur soit tout-à-fait éteinte; & ce vent a toutes les propriétés qu'on remarque dans ceux que nous sentons au-dessus de la surface de la terre.

Construction du Microscope à liqueur.

L'Instrument marqué I est un Microscope pour voir les plus petits objets & les petits animaux qui sont dans les liqueurs. Il est composé de deux plaques de cuivre ou d'autre métal, longues d'environ 3 pouces sur 8 lignes de large. Elles sont attachées ensemble par les deux bouts avec deux vis marquées 2, qui servent à éloigner ou approcher les deux plaques tant Figure I.

& si peu qu'il est nécessaire pour laisser tourner une roue qui porte six ouvertures rondes, dans lesquelles il y a de petits verres plats pour mettre les différens objets marqués 3, 4, 5, &c. Du côté de l'œil il y a une piéce de cuivre marquée 1. Elle est concave comme une petite coquille ronde dont le trou, qui est au milieu, aboutit à une coulisse qui porte une très-petite lentille ou boule de verre. Cette boule doit être bien ronde ou fort convéxe & bien polie, afin de distinguer les objets. Le bout d'en-bas de la machine est limé en façon de manche pour la tenir à la main.

L'usage de cet instrument est assez facile. Si les objets qu'on veut voir sont transparens sans être liquides, tels que sont les pieds d'une puce, d'une mouche, leurs aîles, les mittes de fromage ou autres petits animaux, comme aussi les cheveux, leurs racines, &c. on mettra ces objets du côté de l'œil sur les verres plats qui sont joints à la roue, en les faisant tenir par leurs extrémités avec un peu d'eau gommée. Et pour voir les petits animaux qui sont dans l'urine gardée, dans le vinaigre, dans l'eau en laquelle on aura fait infuser des grains de poivre, de la coriandre, de la paille, du foin & presque de toutes sortes de légumes ou herbages, il en faut prendre une petite goute avec le bout d'un petit tuyau de verre & l'étendre sur lesdits verres; il faut ensuite tourner la roue & la hausser ou baisser par le moyen des vis marquées 2 & du ressort qui est entre les deux plaques, qui sert à maintenir ladite roue dans la situation qu'on veut qu'elle ait, & de telle sorte que les petits objets ou la goute de liqueur soient directement au-dessous de la petite boule de verre. Les choses étant ainsi disposées, prenez à la main le manche du Microscope, & ayant appliqué l'œil dans la coquille marquée 1 vis-à-vis de la petite boule de verre, regardez fixément l'objet au grand jour ou la nuit à la lumiére d'une bougie; tournez en même tems & peu à peu la vis du bout pour approcher ou éloigner l'objet plus ou moins de la boule de verre, jusqu'à ce que vous ayez trouvé le point de vûe dans lequel le petit objet transparent, ou les animaux qui nagent dans la goute de liqueur paroissent très-grands & très-distinctement; alors vous remarquerez des choses très-singuliéres par la diversité de tant d'animaux de différentes figures.

Il faut avoir bien soin d'essuier la petite boule ou lentille de verre, afin qu'elle soit toujours bien claire.

Construction d'un autre Microscope à liqueur & à autres petits objets.

Je fais des Microscopes à liqueur de différentes façons: celui marqué K me paroît le plus commode, il est composé d'une plaque de cuivre d'environ 3 à 4 pouces de hauteur sur un & demi de largeur, taillée en maniére de parallélogramme, au bout de laquelle est un manche pour le tenir: l'endroit marqué 1 est une petite coulisse percée au milieu au trou de laquelle on place une lentille enfermée dans un petit chassis; on peut en mettre de différens foyers suivant les différens objets qu'on veut observer. Il est bon de sçavoir que le foyer d'un verre est sa distance jusqu'à l'objet, & que les lentilles dont on se sert pour ces sortes de Microscopes, sont depuis demi-ligne jusqu'à quatre lignes de foyer.

Fig. K.

Au derriere de ladite plaque à l'endroit marqué 2, est attachée une petite branche de cuivre ou d'acier quarrée portant une autre plaque

qui coule au long de ladite branche par le moyen d'une petite boëte, d'un ressort & d'une vis que fait tourner une roue à dents, qui sert à éloigner ou approcher parallélement, comme on veut, ladite plaque de celle qui porte la lentille. Vers le haut de la seconde plaque qui est percée d'un trou assez grand, est aussi une coulisse où l'on place de petits verres plats, sur lesquels on a fait des petits ronds concaves pour y mettre les liqueurs, de maniére qu'elles ne soient point emportées par la proximité de l'autre plaque. On peut ajuster dans cette coulisse différentes piéces pour différens objets. Il faut observer seulement que tous ces objets répondent au centre de la lentille. De l'autre côté de ladite plaque est ajusté un petit tuyau marqué 3 de cuivre, de bois ou de chagrin d'environ un pouce de diamétre, & d'un ou deux de longueur, percé par les deux extrémités, mais dont il faut que le centre réponde aussi très-juste au centre des lentilles : on a remarqué qu'avec un pareil tuyau, ces Microscopes avoient bien plus d'effet dans les objets transparens. On y remarque assez distinctement la circulation du sang dans la queue des plus petits poissons.

L'usage de cet instrument est très-facile : ayant placé l'objet vis-à-vis le centre de la lentille, il n'y a qu'à mettre l'œil vis-à-vis ladite lentille au grand jour, ou vis-à-vis la lumiere d'une bougie & approcher ou reculer l'objet par le moyen de la vis, jusqu'à ce qu'on voye l'objet distinctement. Alors on y remarquera des choses très-curieuses & qui feront plaisir.

Construction d'un Microscope à un verre.

LE petit Instrument marqué L est un microscope assez commode. Il est composé d'une branche de laiton ou autre métal qui a un mouvement vers le haut pour la mettre dans la situation que la figure le montre. Il y a au bout une piéce marquée 1 qui porte une petite lentille de verre fort convéxe qui grossit beaucoup l'objet. Elle se monte à vis dans une petite boëte percée au fond. La piéce marquée 4, sont deux ressorts attachés ensemble par le milieu avec un clou rond pour leur donner le mouvement qu'on souhaite. Dans un des ressorts on enfile la branche qui porte la lentille, & dans l'autre on enfile une petite branche qui porte par un de ses bouts une piéce marquée 2, qui est blanche d'un côté & noire de l'autre, pour mettre les differens objets. L'autre bout marqué 3 est une petite pince qui s'ouvre en pressant les deux petits boutons. Elle sert à tenir les petits animaux & autres objets. Le pied marqué 5 a environ un pouce & demi de diamétre. La branche s'y met à vis, afin de démonter l'instrument, pour qu'il ne tienne guére de place. Fig. L.

L'usage en est fort facile. On place les objets sur la petite piéce ronde ou au bout de la petite pince, & on les approche de la lentille en faisant couler le ressort au long de la branche, jusqu'à ce que l'on voye l'objet très-distinctement. Alors on y remarquera des choses qui feront plaisir.

On voit aussi avec ce Microscope les animaux qui sont dans les liqueurs, en mettant un verre plat à la place de la petite piéce ronde marquée 2 qui se démonte à vis.

Construction d'un Microscope à trois verres.

CEt Instrument est composé de trois verres; sçavoir, du verre oculaire marqué 3, du verre du milieu 4 & de la lentille ou verre objectif marqué 5. Il y a un couvercle pardessus pour garantir de la poussiére le verre oculaire. Ces trois verres sont enchassés dans les cercles de bois & à vis pour les maintenir en leur place & pour les démonter facilement, afin de les nétoyer sans peine.

Fig. M.

L'oculaire & le verre du milieu sont ajustés aux extrémités d'un tuyau de vélin qui entre juste dans le tuyau extérieur, afin d'allonger le Microscope & le mettre à son juste point suivant une ligne qui est tracée autour dudit tuyau. Pour que cet instrument soit d'une grandeur raisonnable il faut que le verre oculaire soit d'environ vingt lignes de foyer, & le verre du milieu d'environ trois pouces de foyer, & placés à environ trois pouces trois lignes l'un de l'autre.

La lentille est placée au bout d'un cul-de-lampe de bois qui est collé à l'extrémité du tuyau extérieur. Ladite lentille est enfermée dans une petite boëte percée au fond d'un petit trou, & qui se démonte à vis, afin de changer de lentille & en mettre de différent foyer. Il y en a ordinairement de 2, 3, 4 & 5 lignes de foyer & qui sont plus ou moins convéxes. La bonté de ces verres dépend d'avoir des bassins de cuivre concaves tournés d'une juste proportion aux verres qu'on veut travailler, comme aussi du mouvement de la main, de la bonté de la matiére que vous employez pour les construire, & sur tout de les bien polir: on se sert d'abord de grais pour les dégrossir dans les bassins, ensuite de sable fin pour les adoucir, & puis de tripoli bien doux pour les polir. Je ne m'arréterai pas davantage ici à la construction de ces verres, j'en parlerai encore en différens endroits de cet ouvrage, principalement dans le 9me Livre.

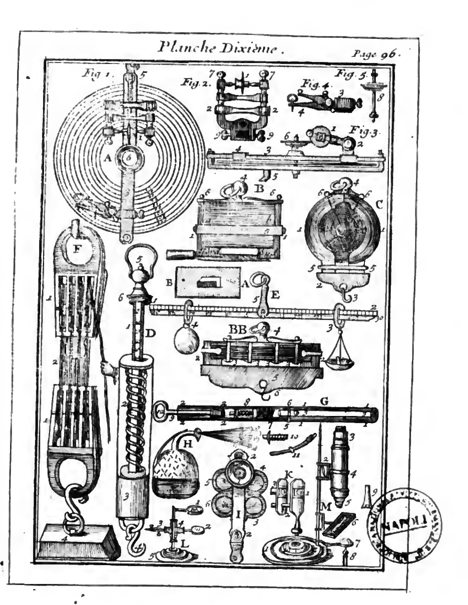
Le pied marqué 1, qui doit être un peu pesant à cause qu'il porte le Microscope en l'air, est fait de cuivre de 4 à 5 pouces de diamétre. Il y a au milieu un creux dans lequel on met une petite piéce qui est blanche d'un côté & noire de l'autre: on met les objets noirs sur le côté blanc, & les blancs sur le côté noir.

La branche est attachée au bord du pied, elle est de cuivre rond, au long de laquelle le Microscope se peut hausser, baisser & tourner par le moyen du support fait en double équerre marqué 2. Il y a un cercle qui est fortement attaché à la double équerre, & qui embrasse bien juste le tuyau extérieur. Il y a aussi un ressort d'acier qui appuie contre la branche, & fait tenir l'instrument à la hauteur & dans la situation qu'on a besoin.

La piéce marquée 6 est un petit chassis de cuivre qui porte un morceau de glace ou de verre blanc pour mettre dessus les objets transparens. Il coule aussi au long de la branche au-dessous du Microscope, & est porté de même par une double équerre.

Enfin la piéce marquée 7 est un verre convéxe, qui rassemble dans un petit espace les rayons de lumiere qu'il reçoit la nuit d'une bougie allumée & qui la réfléchit vivement sous l'objet transparent qui est sur la glace & le fait voir bien plus distinctement. Ce verre est enchassé dans un cercle de cuivre, il se hausse, se baisse, s'allonge & se racourcit par le moyen d'un petit bras qui le porte, comme la figure le montre.

Usage


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
BB

Usage de ce Microscope.

POur s'en servir, par exemple, à voir la circulation du sang de quelqu'animal, on met un très-petit poisson vivant sur la glace de maniére qu'une partie des nageoires de la queue soit juste vis-à-vis du verre objectif & au-dessus du rayon du verre convéxe au grand jour, ou à la lumiére de la bougie la nuit; alors plaçant le Microscope juste à son point, vous verrez le sang monter, descendre ou circuler comme des petits canaux. Les poissons les plus propres pour faire cette expérience sont les queues des petites tanches, de la lamproie & des petites grenouilles, parce qu'elles sont plus transparentes, & que l'animal vit plus long-tems hors de l'eau.

La petite piéce marquée 9 est un petit canal de plomb qu'il faut mettre sur le poisson, pour l'empêcher de sauter hors de sa place & de retirer sa queue du petit espace éclairé: on peut aussi le lier avec deux fils par les extrémités du corps.

Par ce Microscope on peut aussi fort bien examiner les liqueurs; car si vous mettez une petite goute de vinaigre sur le verre justement dans le milieu de l'espace éclairé, vous verrez très-distinctement les petits animaux qui y sont. Il en sera de même de l'eau (où l'on aura fait infuser du poivre, de l'orge, &c.) comme aussi des vers & des autres petits insectes qui sont dans l'eau croupie.

Le sang, dont on veut observer ce qu'il contient de visible, se peut connoître en y en mettant une très-petite quantité & tout chaud vis-à-vis le rayon de lumiere. Alors on y remarquera très-bien la sérosité & les petites boules qui paroissent d'une couleur rougeâtre.

Il sera facile d'avoir du sang sur le champ. En se serrant le pouce avec un cordon & se piquant avec une épingle, on en aura suffisamment.

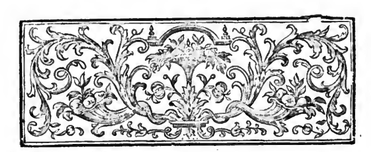
Les liqueurs se mettent sur la glace avec un petit bout de tuyau de verre que l'on trempe dans la liqueur que l'on fait descendre sur la glace, soit en soufflant doucement dans le tuyau ou en pressant du pouce par le haut; car l'air pressé dans le tuyau presse de même la liqueur qui est contrainte d'en sortir.

Pour retirer beaucoup d'animaux dans une petite quantité de liqueur il faut mettre cette liqueur dans une petite bouteille fort étroite par en-haut & l'entretenir toujours pleine; par ce moyen les animaux qui montent en-haut pour y respirer, seront pompés avec le petit tuyau en plus grande quantité que si le vaisseau qui les contient étoit plus large en-haut.

Les yeux de mouche, les fourmis, les poux, les puces & les mittes de fromage se mettent au milieu du piéd du Microscope, aussi-bien que le sable, les sels & toute autre poudre, pour examiner leurs couleurs & leurs qualités, en observant toujours de mettre sur le côté blanc les objets noirs, & sur le côté noir les objets blancs.

On suppose ici que les verres de ce Microscope sont bien travaillés & bien placés en leurs foyers. Il est bon aussi de sçavoir que l'image de l'objet & sa grandeur seront d'autant plus considérables, que la lentille sera d'un plus court foyer: mais il ne sera pas tout-à-fait si net.

Fin du troisiéme Livre.



DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES INSTRUMENS DE MATHÉMATIQUE

Qui servent à travailler à la campagne, pour arpenter les terres, lever les Plans, mesurer les distances & prendre les hauteurs. Les plus usités sont les piquets, les cordeaux, la toise, la chaîne, les équerres d'Arpenteur, les récipiangles ou mesurangles, les planchettes, le quart de cercle, le demi-cercle & la boussole.

LIVRE QUATRIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

Contenant la description & les usages des Piquets, des Cordeaux, de la Toise & de la Chaîne.

IX. Planche. Fig. A. LEs Piquets sont de petits morceaux des bois de cormier de deux à trois piéds de long, arrondis & pointus par un bout, que l'on garnit de fer, pour être plus facilement enfoncés en terre. On en fait quelques-uns de plus longs, afin d'être vûs de loin, comme on les voit représentés dans la planche onziéme.

Fig. B. Les Cordeaux doivent être de bonne ficelle bien torse & d'une grosseur

convenable pour ne pas s'allonger facilement, telle que la figure B le marque.

La toise est une mesure de six piéds de long d'un bâton rond tout d'une piéce, divisé en ses pieds qui sont marqués par de petits anneaux ou de petits clous de cuivre. Le dernier piéd se divise en douze pouces, qui se distinguent aussi par de petits clous. Fig. C.

Il y a des toises qui sont brisées & qui se montent à vis en 2, 3, ou 4 piéces par le moyen de viroles & de vis de cuivre qui sont attachées à chaque bout; on met aussi aux deux bouts des toises une virole de cuivre & un bout d'acier pour les conserver dans leur longueur. Fig. D.

La chaîne est composée de plusieurs piéces de gros fil de fer ou de laiton, recourbées par les deux bouts. Chacune de ces piéces a un piéd de long y compris les petits anneaux qui les joignent ensemble. Fig. E.

Les chaînes se font ordinairement de la longueur de la perche du lieu où l'on veut s'en servir, ou bien de quatre à cinq toises de long, & même plus longues si l'on a de grandes stations à mesurer, comme de 8 ou 10 toises. Ces nombres sont plus aisés à additioner. On les distingue quelquefois par un plus grand anneau de toise en toise. Ces sortes de chaînes sont fort commodes, en ce qu'elles ne se nouent point comme celles qui sont faites de petites mailles de fer.

En 1668 on a placé un nouvel étalon de la toise fort juste au bas de l'escalier du Grand-Châtelet de Paris, pour y avoir recours en cas de besoin.

Nous avons dit que la toise en longueur contient six piéds, & chaque piéd douze pouces.

La toise quarrée contient 36 piéds quarrés, parce qu'on multiplie 6 par 6; le piéd quarré contient 144 pouces quarrés, parce qu'on multiplie 12 par 12, le pouce quarré contient 144 lignes quarrées, parce qu'on multiplie aussi 12 par 12.

La toise cube contient 216 piéds cubes, parce qu'on multiplie 36 par 6; le piéd cube contient 1728 pouces cubes, parce qu'on multiplie 144 par 12; le pouce cube contient de même 1728 lignes cubes, parce qu'on multiplie aussi 144 par 12. C'est ainsi qu'on trouve le solide d'un corps dont la baze est connue.

La perche n'a point de longueur déterminée.

Celle de la Prévôté de Paris a trois toises ou dix-huit piéds. En d'autres pays elle a 20, 22 & 24 piéds.

La perche dont on se sert en France pour arpenter les Eaux & Forêts suivant les derniers Réglemens a 22 piéds de longueur & par conséquent la perche quarrée contient 484 piéds quarrés.

L'arpent est une mesure quarrée dont on se sert pour la vente des terres & des bois.

L'arpent des environs de Paris contient 100 perches quarrées ou 300 toises, & chaque côté est par conséquent de 10 perches ou 30 toises.

La lieue est un espace de terre dont on se sert pour mesurer les chemins. Sa mesure n'est pas déterminée, étant différente selon les différens pays.

On compte depuis la porte de Paris près le Grand-Châtelet jusqu'à la porte de l'Eglise de saint Denis deux lieues, dont chacune est de deux mille deux cens toises.

Messieurs de l'Académie des Sciences en travaillant à la mesure de la terre ont observé qu'un dégré de Méridien terrestre contient 57060 toises, & donnant 25 lieues au dégré chaque lieue contiendra 2282 toises.

La lieue Marine est un peu plus grande, puisqu'on n'en compte que 20 au dégré; c'est pourquoi elle contient près de 3000 toises.

Les Italiens comptent par milles, dont chacun contient mille pas géométriques.

Le pas géométrique est de cinq piéds antiques, dont le palme est les trois quarts du piéd ancien Romain, qu'on peut estimer environ 11 de nos pouces. Et par conséquent le mille d'Italie à Rome contient 769 de nos toises, à très-peu de chose près.

Les Allemans comptent aussi par milles, mais ils sont bien plus grands que ceux d'Italie; ils contiennent 3626 toises.

On compte par lieues en Espagne, qui contiennent 2863 toises & reviennent justement à vingt lieues par dégré terrestre.

Il en est de même en Angleterre & en Hollande.

USAGE PREMIER.

Par deux points donnés sur la terre tracer une ligne droite & la prolonger tant qu'il est besoin.

PLantez un piquet sur chaque point donné, & ayant tendu un cordeau d'un piquet à l'autre, faites tracer un sillon le long dudit cordeau; faites en sorte qu'ils soient bien à plomb sur le terrein, & qu'en les bornayant ou les regardant le premier cache l'autre à l'œil.

C'est de la même maniére que l'on peut prolonger une ligne droite sur la terre; car ayant planté deux piquets, on en peut planter tant d'autres qu'on voudra dans le même alignement, en bornayant comme nous venons de dire; mais il faut qu'il y ait toujours deux piquets bien plantés pour servir à aligner le troisiéme.

USAGE II.

Mesurer une ligne droite sur la terre.

LOrsqu'on a une longue ligne à mesurer sur le terrein, il faut user de précaution pour ne se pas tromper & n'être pas obligé de recommencer. Pour ce faire, il faut deux hommes portant chacun une toise; le premier ayant étendu sa toise sur le terrein ne la doit pas lever que le second n'ait posé la sienne au bout de la premiére. Le premier homme ayant relevé sa toise comptera tout haut, une; & quand il l'aura remise au bout de la seconde, le second homme relévera la sienne & comptera, deux, en continuant ainsi de suite jusqu'au bout: & afin de bien poser les toises en ligne droite, il faut toujours avoir devant les yeux deux piquets pour les bornayer; car s'il n'y en avoit qu'un, les Toiseurs iroient tout de travers & ne feroient rien de juste.

Pour abréger le tems & la peine, on doit avoir une chaîne, laquelle est souvent composée de 30 pieds ou 5 toises avec un anneau à chaque bout. Celui des deux hommes qui va devant porte aussi plusieurs piquets. Lorsque la chaîne est bien étendue en ligne droite, bien allignée & de niveau, il pose un piquet au bout des 5 toises, afin que celui qui va derriére puisse connoître où la chaîne a fini; car toute l'adresse consiste à bien compter & mesurer juste.

USAGE III.

Sur une ligne droite & d'un point donné en icelle élever une perpendiculaire.

Soit la ligne donnée A B & le point donné C.

Plantez un piquet au point C, & deux autres comme E, D, sur la même ligne en distance égale dudit point C; ayez un cordeau dont chaque bout soit noüé de telle maniére qu'il y ait un petit anneau où l'on puisse faire entrer le haut des piquets; pliez ce cordeau en deux également & faites une marque au milieu, passez enfin les anneaux qui sont à chaque bout du cordeau autour des piquets E & D; & tenant en main le milieu dudit cordeau tendu également, plantez en terre un piquet comme F, alors la ligne F C sera perpendiculaire sur A B. XI Planche. Fig. 1.

Autrement: du point donné C mesurez sur la ligne A B de quel côté vous voudrez 4 piéds ou 4 toises & plantez-y le piquet G. Ayez un cordeau qui contienne 8 pareilles mesures, c'est-à-dire, des piéds ou des toises. Mettez un des anneaux du cordeau autour du piquet C, & l'autre anneau autour du piquet G; puis ayant tendu un cordeau en sorte que trois de ces parties soient du côté du point C, & les cinq autres du côté de G, plantez le piquet H, alors la ligne C H sera perpendiculaire sur A B. Fig. 2.

USAGE IV.

D'un point donné hors la ligne tirer une perpendiculaire.

Soit la ligne donnée A B & le point F donné hors la ligne.

Pliez le cordeau en deux parties égales, arrêtez le milieu au piquet F; étendez les deux moitiés que je suppose assez grandes pour que les bouts puissent atteindre la ligne A B; plantez deux piquets, sçavoir un à chaque bout du cordeau & divisez leur distance en deux également, ce qui se peut faire par le moyen d'un cordeau aussi long que la distance A B, que l'on pliera en deux, plantez le piquet C au milieu, & la ligne C F sera perpendiculaire sur A B. Fig. 3.



USAGE V.

D'une distance donnée tracer une ligne parallele à une donnée.

Fig. 4. SOit la ligne donnée A B, à laquelle on propose de tracer une parallele distante de quatre toises.

Tracez par l'usage troisiéme deux perpendiculaires de quatre toises chacune, sur les deux points A & B plantez un piquet à chacune de leurs extrémités C & D, & par ces deux piquets en traçant la droite C D, elle sera parallele à A B.

USAGE VI.

D'un point donné sur le bout d'une ligne tracer sur le terrein un angle semblable à celui d'un plan proposé.

Fig. 5. SOit A B C l'angle d'un plan proposé, auquel on en veut faire un semblable sur le terrein.

Du point B, comme centre, décrivez sur le papier l'arc A C & tirez la droite A C, qui sera sou-tendante dudit arc. Mesurez sur une échelle ou sur la ligne des parties égales d'un compas de proportion une des jambes égales dudit angle A B ou B C. Mesurez aussi sur la meme échelle la soutendante A C, laquelle je suppose, par exemple, contenir trente-six parties égales à celle dont la jambe A B en contient trente.

Soit sur la terre une ligne droite comme B C, sur laquelle il faut tracer une autre ligne F B, qui fasse un angle semblable au proposé. Plantez un piquet au point B, & ayant mesuré trente pieds ou cinq toises le long de la ligne B C, plantez-y un autre piquet, comme D; ayez deux cordeaux, l'un de trente pieds de long que vous attacherez par un anneau au piquet B, & l'autre de trente-six pieds, que vous attacherez aussi par un anneau au piquet D. Tendez ces deux cordeaux jusqu'à ce qu'ils se joignent par leurs extrémités au point F, où vous planterez encore un piquet, d'où vous tracerez la ligne F B, laquelle formera au point B l'angle semblable au proposé avec la ligne B C; & ainsi de l'autre.

USAGE VII.

Désigner sur le papier un angle semblable à celui que font deux lignes sur la terre.

Fig. 5. CEtte proposition est la converse de la précédente.

Soit proposé sur la terre l'angle F B C, formé par les deux côtés d'une terre labourable, auquel on veut en faire un semblable sur le papier. Mesurez de B vers C trente pieds ou cinq toises, & plantez un piquet D au bout; mesurez de B vers F trente pieds & plantez-y un autre piquet; mesurez aussi la ligne droite qui fait la distance des deux piquets

F D, que je fuppoferai de trente-fix piéds, comme en l'exemple de l'ufage précédent.

Soit fur le papier la ligne B C. Du point B comme centre & d'une ouverture de trente parties égales prifes fur une échelle décrivez l'arc A C; prenez avec le compas fur la même échelle trente-fix parties égales, portez cette ouverture fur l'arc A C en pofant une des pointes du compas fur le point C. L'autre jambe marquera fur ledit arc le point par lequel fe doit tirer la ligne A B.

Si de plus on veut fçavoir la valeur dudit angle, on connoîtra par le moyen du Rapporteur qu'il eft un peu moins de foixante & quatorze dégrés.

On pourra connoître plus précifément en dégrés & minutes la valeur des angles dont on aura mefuré les bafes ou fou-tendantes par la table fuivante. Elle eft calculée pour des angles toujours compris par deux côtés égaux de trente piéds chacun.

L'ufage de cette table eft très-facile pour connoître la grandeur de tous les angles plans fur le terrein.

Mefurez trente pieds fur chacune des lignes qui forment l'angle, & plantez un piquet fur chaque ligne où finiffent les trente pieds; mefurez enfuite la bafe de l'angle qui eft la ligne droite étendue entre les deux piquets, que je fuppofe être de trente-fix pieds comme en l'exemple précédent, cherchez dans ladite table en la colonne des bafes trente-fix pieds, & vous trouverez vis-à-vis en la colonne des angles foixante & treize dégrés quarante-quatre minutes pour la valeur dudit angle.



TABLE DES ANGLES PLANS

toujours compris par deux côtés de trente piéds.

Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.
2	0	19	2	6	3	2	11	48	2	17	34	2	23	24
4	0	38	4	6	22	4	12	8	4	17	54	4	23	44
6	0	57	6	6	41	6	12	27	6	18	13	6	24	3
8	1	8	8	7	0	8	12	46	8	18	32	8	24	23
10	1	36	10	7	20	10	13	5	10	18	52	10	24	42
1	1	55	4	7	39	7	13	24	10	19	11	13	25	1
2	2	14	2	7	58	2	13	43	2	19	30	2	25	21
4	2	33	4	8	17	4	14	2	4	19	50	4	25	41
6	2	52	6	8	36	6	14	22	6	20	19	6	26	1
8	3	11	8	8	55	8	14	41	8	20	29	8	26	20
10	3	30	10	9	14	10	15	0	10	20	48	10	26	40
2	3	49	5	9	34	8	15	20	11	21	8	14	26	53
2	4	8	2	9	53	2	15	39	2	21	27	2	27	18
4	4	28	4	10	12	4	15	58	4	21	46	4	27	38
6	4	47	6	10	31	6	16	18	6	22	6	6	27	58
8	5	6	8	10	50	8	16	37	8	22	25	8	28	18
10	5	25	10	11	9	10	16	56	10	22	45	10	28	38
3	5	44	6	11	29	9	17	15	12	23	6	15	28	57
B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.	
2	29	17	2	35	15	2	41	19	2	47	30	2	53	51
4	29	37	4	35	35	4	41	40	4	47	51	4	54	12
6	29	56	6	35	55	6	42	0	6	48	12	6	54	34
8	30	16	8	36	15	8	42	20	8	48	33	8	54	55
10	30	36	10	36	35	10	42	40	10	48	54	10	55	16
16	30	56	19	36	55	22	43	1	25	49	15	28	55	38
2	31	16	2	37	15	2	43	22	2	49	36	2	56	0
4	31	36	4	37	36	4	43	42	4	49	57	4	56	22
6	31	56	6	37	56	6	44	3	6	50	18	6	56	43
8	32	16	8	38	16	8	44	24	8	50	39	8	57	5
10	32	35	10	38	36	10	44	44	10	50	0	10	57	26
17	32	55	20	38	56	23	45	5	26	51	21	29	57	48
2	33	15	2	39	17	2	45	26	2	51	42	2	58	10
4	33	35	4	39	38	4	45	46	4	51	3	4	58	32
6	33	55	6	39	58	6	46	7	6	52	24	6	58	54
8	34	15	8	40	18	8	46	28	8	52	46	8	59	16
10	34	35	10	40	38	10	46	48	10	53	8	10	59	38
18	34	55	21	40	59	24	47	9	27	53	29	30	60	0

TABLE DES ANGLES PLANS

toujours compris par deux côtés de trente piéds.

Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.
2	60	22	2	67	7	2	75	8	2	81	30	2	89	18
4	60	44	4	67	30	4	74	32	4	81	55	4	89	45
6	61	6	6	67	53	6	74	56	6	82	20	6	90	12
8	61	28	8	68	16	8	75	20	8	82	46	8	90	39
10	61	50	10	68	39	10	75	44	10	83	12	10	91	6
31	62	13	34	69	2	37	76	9	40	83	37	43	91	33
2	62	35	2	69	25	2	76	33	2	84	3	2	92	1
4	62	58	4	69	48	4	76	57	4	84	29	4	92	29
6	63	20	6	70	12	6	77	22	6	84	54	6	92	56
8	63	43	8	70	35	8	77	46	8	85	20	8	93	24
10	64	5	10	70	59	10	78	9	10	85	46	10	93	52
32	64	28	35	71	22	38	78	35	41	86	13	44	94	20
2	64	50	2	71	46	2	79	0	2	86	39	2	94	48
4	65	13	4	72	10	4	79	25	4	87	5	4	95	16
6	65	36	6	72	33	6	79	50	6	87	32	6	95	20
8	65	58	8	72	56	8	80	15	8	87	58	8	96	13
10	66	21	10	73	20	10	80	40	10	88	25	10	96	42
33	66	44	36	73	44	39	81	5	42	88	51	45	97	11
B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.	
2	97	40	2	106	48	2	117	2	2	129	3	2	144	39
4	98	9	4	107	20	4	117	39	4	129	48	4	145	43
6	98	38	6	107	52	6	118	16	6	130	33	6	146	48
8	99	8	8	108	25	8	118	53	8	131	19	8	147	57
10	99	37	10	108	57	10	119	31	10	132	6	10	149	8
46	100	6	49	109	30	52	120	9	55	132	53	58	150	20
2	100	36	2	110	4	2	120	47	2	133	44	2	151	36
4	101	6	4	110	37	4	121	26	4	134	30	4	152	55
6	101	36	6	111	11	6	122	6	6	135	20	6	154	19
8	102	7	8	111	44	8	122	45	8	136	11	8	155	48
10	102	37	10	112	18	10	123	25	10	137	3	10	157	22
47	103	8	50	112	53	53	124	6	56	137	57	59	159	3
2	103	39	2	113	28	2	124	47	2	138	49	2	160	53
4	104	10	4	114	3	4	125	28	4	139	44	4	162	54
6	104	41	6	114	38	6	126	10	6	140	40	6	165	12
8	105	12	8	115	14	8	126	52	8	141	38	8	167	48
10	105	44	10	115	49	10	127	35	10	142	36	10	171	28
48	106	16	51	116	26	54	128	19	57	143	36	60	180	0

Il faut remarquer que dans la colonne des bases les pouces n'y sont marqués que de deux en deux, & les piéds y sont marqués d'un en un. On trouvera toujours avec autant de facilité que de justesse l'ouverture & la valeur de tous les angles; car supposant, par exemple, que votre base soit de la longueur de 50 toises 3 pouces, & les deux autres côtés toujours de 30 piéds, vous chercherez dans la colonne des bases le nombre de 50 piéds 3 pouces, & vous trouverez vis-à-vis dans la colonne des angles 113 dégrés 44 minutes pour la valeur de l'angle requis, en gardant les proportions des minutes & des pouces, comme on fait en cet exemple.

En réduisant ce nombre des piéds par le moyen d'une échelle bien divisée sur du cuivre, on mesurera les mêmes angles sur la carte & sur le papier avec autant de justesse que les cordeaux sur la terre; d'autant qu'aux triangles équiangles les côtés sont proportionnels entre-eux.

Cette méthode de mesurer les angles plans peut aussi servir à construire les desseins de fortification des places tant réguliéres qu'irrégulieres, pour en connoître l'ouverture des angles tant des bastions que du polygône formé par les rencontres des lignes des bases ou côtés extérieurs tant sur le papier que sur la terre.

Pour tracer les angles, cherchez dans la table le nombre des dégrés & minutes que vous aurez à tracer, par exemple de 54 dégrés 34 minutes, & après l'avoir trouvé prenez à côté dans la colonne des bases, le nombre de piéds & pouces qui lui répond, sçavoir 28 piéds 6 pouces pour la mesure de la longueur de la base de l'angle toujours compris par les deux autres côtés du triangle de 30 piéds chacun; & ainsi des autres.

USAGE VIII.

Pour lever le plan d'une place dans laquelle on peut entrer.

Fig. 6. Soit la place A B C D E, de laquelle on veut lever le plan.

Faites premiérement sur votre papier une figure à peu-près semblable à votre plan, & après avoir mesuré avec la toise sur le terrein les côtés A B, B C, C D & D E, écrivez les mesures trouvées sur chacune des lignes qui leur correspondent sur le papier; ensuite au lieu de mesurer les angles qui font les côtés de la place, mesurez les diagonales, comme sont les lignes A D, B D, dont vous écrirez la valeur en nombre sur votre brouillon; laquelle sera réduite en trois triangles dont tous les côtés sont connus, puisqu'ils sont actuellement mesurés.

Vous remettrez au net ce brouillon par le moyen d'une échelle de parties égales, qui en contienne autant que la plus longue ligne du plan.

De toutes les méthodes de lever un plan, celle de le lever par dedans est la plus exacte & la moins sujette à erreur.

USAGE IX.

Pour lever le plan d'une place par dehors.

SOit proposé un bois ou un étang dont on veut lever le plan ; comme feroit E F G H I. Fig. 7.

Faites-en d'abord le brouillon en vous promenant tout autour, si vous le pouvez faire sans perdre beaucoup de tems.

Mesurez avec la toise ou la chaîne tous les côtés qui font l'enceinte du lieu proposé, & marquez-en les nombres sur chacune des lignes de votre brouillon ; mais pour les angles, vous les mesurerez par la méthode ci-jointe.

Pour mesurer, par exemple, l'angle E F G, prolongez en bornayant côté E F de 5 toises & plantez un piquet à l'extrémité K ; prolongez également le côté G F & plantez un piquet à l'extrémité L. Mesurez avec la toise la distance L K, & supposant qu'elle soit de 6 toises 4 piéds, c'est-à-dire de 40 piéds, marquez ce nombre sur la ligne L K de votre brouillon ; & par ce moyen vous aurez les trois côtés du triangle isoscelle L F K, qui serviront à vous faire connoître l'ouverture de l'angle L F K, soit par la table ci-devant ou autrement. Or cet angle est égal à son opposé par la pointe E F G, & si l'on cherche dans la table 40 piéds en la colonne des bases, on trouvera que cet angle est de 83 dégrés 37 minutes.

Vous mesurerez de même l'angle F G H & tous les autres de la figure ; ou bien de cette autre maniére ; prolongez en bornayant le côté H G de 5 toises de G en N, où vous planterez un piquet ; mesurez le long du côté G L, de G en M 5 toises, au bout desquelles vous ferez une marque en y plantant un piquet ou autrement. Mesurez exactement la distance M N, laquelle je suppose pour exemple de 6 toises 2 piéds ou de 38 piéds, que vous écrirez sur la ligne M N de votre brouillon.

Ce nombre étant cherché dans la colonne des bases (qui correspond à 78 dégrés 35 minutes pour l'angle extérieur M G H) dont le complément 101 dégrés 25 minutes est la valeur de l'angle de la figure F G H, parce que deux angles de suite valent autant que deux angles droits, vous remettrez ensuite votre brouillon au net avec une échelle de parties égales, tant pour marquer la longueur des côtés que celle des bases de tous les angles que vous pouvez avoir exactement, sans vous mettre en peine de leur valeur en dégrés & minutes.

USAGE X.

Pour tracer sur la terre tout polygône régulier sur une ligne donnée.

SOit pour exemple la ligne donnée A B, sur laquelle on propose de tracer un triangle équilatéral. Fig. 8.

Mesurez sur cette ligne du point A allant vers B 30 piéds & plantez-y un piquet D ; ayez deux cordeaux mesurés de 30 piéds chacun, dont vous attacherez l'un au piquet D & l'autre au piquet A, & tendez-les également jusqu'à ce qu'ils se joignent par les deux autres bouts au point C, où vous planterez un autre piquet.

Faites la même chose à l'autre extrémité B de la ligne donnée, & prolongez les lignes jusqu'à ce qu'elles se joignent pour former le triangle équilatéral & équiangle A B E.

Fig. 9. S'il s'agit de tracer sur la terre un quarré parfait sur la ligne donnée A B, élevez sur chaque extrémité A & B une perpendiculaire par l'usage troisiéme.

Prolongez ces perpendiculaires pour les faire égales à la ligne donnée, plantez des piquets à leurs extrémités C & D & tracez la ligne C D qui achevera le quarré proposé.

Fig. 10. S'il faut tracer un pentagône sur la ligne donnée A B, souvenez-vous que les angles formés par les côtés d'un pentagône régulier sont de 108 dégrés chacun, comme nous l'avons expliqué ci-devant en *l'usage troisiéme du Rapporteur* & en la *section troisiéme de la ligne des polygônes du Compas de proportion*; c'est pourquoi cherchez dans la table des angles plans compris par deux côtés de 30 piéds dans la colonne des bases le nombre qui correspond à 108 dégrés ou le plus approchant, & vous trouverez 48 piéds 6 pouces & un peu plus; car ce nombre correspond à 107 dégrés 52 minutes, qui est moindre de 8 minutes que 108 dégrés; c'est pourquoi on peut prendre 48 piéds 6 pouces & demi pour ladite base.

Suivant cette méthode mesurez sur la ligne donnée du piquet A vers B 30 piéds & plantez un piquet au point C, où se termine la mesure. Ayez deux cordeaux mesurés, l'un de 30 piéds que vous attacherez par un de ses bouts au piquet A, & l'autre de 48 piéds 6 pouces & demi que vous attacherez de même au piquet C; tendez également ces deux cordeaux jusqu'à ce qu'ils se joignent au point E, où vous planterez un piquet, & vous aurez par ce moyen un angle de 108 dégrés; prolongez la ligne A E pour la tracer égale à A B; faites la même chose à l'autre extrémité B de la ligne donnée, & par ce moyen vous aurez déja trois côtés du pentagône A B, A G, B D, que vous acheverez par la même méthode.

Si le pentagône n'est pas trop grand, on peut l'achever par le moyen de deux cordeaux égaux au côté donné, en attachant l'un au piquet D & l'autre au piquet G; car si vous les tendez également, ils formeront les deux autres côtés du pentagône en se joignant au point H.

Vous pourrez par la même méthode tracer sur le terrein tout autre polygône régulier ou irrégulier, en cherchant dans la susdite table le nombre des piéds & pouces qui correspond à l'angle du polygône que l'on veut tracer.

USAGE XI.

Connoître la distance de deux objets inaccessibles entre eux, chacun d'eux étant accessible en particulier.

Fig. 11. ON demande, par exemple, la distance en ligne droite de la Tour A au moulin B.

Plantez le piquet C en une place d'où il soit facile de mesurer la distance en ligne droite jusqu'aux lieux A & B.

Mesurez exactement ces distances, comme de C en A que je suppose de 45 toises; prolongez la ligne A C jusqu'en D d'une quantité égale, c'est-à-dire

de 54 toises ; mesurez pareillement la ligne B C que je suppose de 37 toises, & la prolongez jusqu'en E, d'une quantité égale, c'est-à-dire, de 37 toises ; & vous formerez par ce moyen le triangle C D E égal & semblable au triangle A B C, & par conséquent la distance D E sera égale à la distance inaccessible de A en B.

USAGE XII.

Connoître la distance de deux objets dont un seulement est accessible.

Soit proposé pour exemple à trouver la largeur d'un fossé ou d'un lit de riviere A B. Etant sur un des bords au point A, plantez-y le piquet A C de 4 à 5 pieds de haut & bien perpendiculaire ; faites à l'extrémité C du piquet une petite fente pour y faire entrer une lame d'un morceau de cuivre ou d'acier bien droit qui puisse hausser ou baisser, long d'environ trois pouces, que vous hausserez ou baisserez jusqu'à ce que vous voyiez le point B, de l'autre côté de la riviére, en bornayant le long de ladite lame ; ensuite tournez le piquet toujours perpendiculaire en conservant la lame dans la même situation, & bornayez le long du bord de la riviére sur un terrein de niveau, en remarquant le point comme D, où se termine le rayon visuel. La distance A D étant mesurée avec la chaîne vous donnera la longueur de la riviére ou du fossé à laquelle elle est égale, comme il est facile de le juger. Fig. 12.

Cette proportion toute simple qu'elle est, peut servir à connoître de quelle longueur on doit couper des branches d'arbres, pour faire un pont sur un fossé ou sur une riviére que l'on veut traverser.

USAGE XIII.

Soit proposé de tracer sur la terre une ligne droite du point A au point B, entre lesquels il y a un bâtiment ou autre obstacle qui empêche de continuer l'alignement. Fig. 13.

Cherchez sur un terrein bien de niveau un troisiéme point comme C, duquel vous puissiez voir les piquets plantés aux points A & B ; mesurez exactement la distance de C en A, & de C en B ; prenez la moitié, le tiers ou toute autre partie égale de chacune de ces lignes ; plantez-y des piquets comme en D, moitié de C B, & en E moitié de C A ; tirez une ligne droite de D en E, laquelle vous prolongerez tant qu'il sera besoin, & tracez à cette ligne une parallele qui passe par les points A & B, par le moyen des piquets que vous planterez entre le point A & la maison, de même qu'entre ladite maison & le point B, tous en égale distance de la ligne D E, & ainsi vous continuerez l'alignement de A en B.

USAGE XIV.

Soit proposée à percer une butte de terre, pour y faire une gallerie qui communique de A en B. Fig. 14.

Tracez d'un côté une ligne droite comme D C, & de l'autre côté de

la butte une autre ligne droite comme E F, parallele à C D; du point A; tirez sur la ligne C D la perpendiculaire A G, & en quelqu'autre point par-delà la butte tirez une autre perpendiculaire comme C H, égale à A G.

Du point B tirez sur E F la perpendiculaire B I, & en quelqu'autre point par-de-là la butte une autre perpendiculaire sur la même ligne, comme L M égale à B I, de sorte que la distance I L soit égale à C G; tracez ensuite une ligne droite du piquet H au piquet M, que vous prolongerez tant qu'il sera besoin, & cette ligne sera parallele à la gallerie proposée à faire de A en B; c'est pourquoi l'on pourra planter en distance égale de cette parallele H M de côté & d'autre de la butte tant de piquets que l'on voudra, comme O, P, Q, qui serviront à percer la butte de A en B.

Je parlerai encore de l'usage de ces instrumens dans le petit Traité de fortification que je donnerai ci-après.

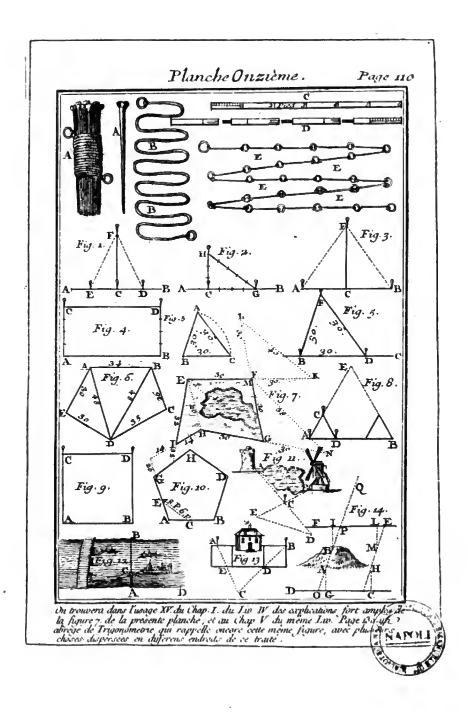
USAGE XV.

Connoître la superficie d'une figure.

On mesure la superficie d'un quarré en multipliant sa longueur par elle-même; d'un parallélograme, en multipliant sa longueur par sa largeur; d'un triangle rectangle, en multipliant la longueur de sa baze par la moitié de son côté perpendiculaire; d'un cercle, (dont le diamétre étant connu on connoît la circonférence qui est à peu-près comme 7 à 22) en multipliant la 4e partie de sa circonférence par son diamétre, ou la circonférence par la 4e partie du diamétre; d'une ellipse, en multipliant les deux diamétres l'un par l'autre: & la racine quarrée de leur produit sera le diamétre d'un cercle dont la superficie sera égale à celle de l'ellipse; enfin d'une figure irréguliere en la réduisant en triangles intérieurs, (comme en l'usage 8 précédent,) ou bien en triangles extérieurs (comme en l'usage 9) pour avoir la superficie de chacun d'eux en particulier, comme il va être enseigné, & par leur totalité connoître la superficie de la figure irréguliere donnée. Ayant donc mesuré tous les côtés de chaque triangle comme de celui L F K, dans lequel L F est de 30 piéds, celui F K aussi de 30 piéds, & celui L K de 40 piéds, vous en aurez la superficie en deux maniéres.

XI. Planche. Fig. 7.

Premiere maniére pour le contour. Ajoûtez ensemble ces trois côtés, le total sera 110 pieds; ôtez-en la moitié, il restera 50 piéds; de ces 50 piéds ôtez-en l'un après l'autre les trois côtés pour avoir ces trois restes ou différences 20, 20 & 10; multipliez-les ensemble & par la moitié précédente 50, c'est-à-dire, multipliez *primò* 20 par 20, *secundò* 400 (produit de cette 1ere. multiplication) par 10, *tertiò* 4000 (produit de la 2e. multiplication) par 50, & vous aurez le produit plan 200000, dont la racine quarrée 447 piéds & un quart sera l'aire du triangle L F K. Si l'on double l'aire de ce triangle, on aura 894 piéds & demi pour l'aire d'un parallélograme, dont tel côté de ce triangle qu'on voudra choisir sera la base; & par conséquent si 894 piéds & demi (double de l'aire du triangle L F K) est divisé par la base L K (qui est par exemple de 40 piéds) le quotient donnera 22 piéds 4 pouces pour la hauteur de la perpendiculaire qui tombera de F sur L K. Pour avoir le point de cette perpendiculaire sur L K de 900 piéds (quarré du côté F K) ôtez-en 500 (quarré de 22 pieds 4 pouces) hauteur de la perpendiculaire trouvée, & il restera 400, dont la racine quarrée 20 donnera la longueur de K vers L au point où la perpendiculaire tombera de F sur L K.



On trouvera dans l'usage XV. du Chap. I. du Liv. IV. des explications fort amples de la figure 7. de la presente planche, et au Chap. V. du même Liv. Page 130 un abregé de Trigonometrie qui rappelle encore cette même figure, avec plusieurs choses dispersées en differens endroits de ce traité.



Seconde maniére pour le Triangle obliquangle. On réduit ce Triangle obliquangle en deux Triangles rectangles, par une pratique qui enseigne à tracer une perpendiculaire du sommet d'un angle obliquangle sur son côté opposé avec le seul cordeau & les piquets. Ayant mesuré les trois côtés du même triangle L K F & choisi un côté, comme L F de 30 piéds, pour y faire tomber la perpendiculaire du point K, qui est opposé à ce côté, multipliez 70 piéds, somme de deux côtés L K de 40 piéds, & K F de 30 piéds, qui comprennent l'angle d'où doit tomber la perpendiculaire, par 10 piéds, différence de ces côtés; & le produit 700 de cette multiplication étant divisé par 30, valeur de la base L F, on aura au quotient 23 piéds un tiers, qu'il faudra ôter de L F, depuis L vers F sous le plus grand côté L K; & le reste L F de six piéds deux tiers étant divisé en deux également, c'est à ce point milieu que tombera la perpendiculaire à mener du point K sur L F, lequel sera par conséquent éloigné de L de 26 piéds deux tiers, & de F de 3 piéds un tiers; alors le triangle obliquangle L K F sera réduit en deux rectangles; & par la régle ci-dessus, leur somme donnera l'aire du rectangle obliquangle L K F requise.

Si le côté qu'on prendra pour la base est plus petit que le quotient qui vient de la division, la perpendiculaire cherchée tombera hors du triangle & par-de-là F sur L F vers G; alors ayant pris la moitié de la différence qui est entre le quotient & le diviseur, c'est-à-dire, la base, on la portera sur la base prolongée vers G; & où finira cette moitié, là sera le point où tombera la perpendiculaire du point K.

Mais s'il eût été possible de mesurer la perpendiculaire tombante de K, sur L F, on auroit formé deux Triangles rectangles; or comme le quarré de l'hypoténuse est égal à la somme des quarrés des côtés des Triangles rectangles, il s'ensuit que si de 1600 piéds (quarré de l'hypoténuse L K,) on en ôte 710, (quarré d'une partie de la base L F,) qui seroit de 26 pieds $\frac{2}{3}$, la racine quarrée du reste donnera 29 piéds 10 pouces pour la longueur de ladite perpendiculaire.

CHAPITRE II.

Contenant la description & l'usage de l'Equerre d'Arpenteur.

L'Equerre d'Arpenteur est un cercle de cuivre d'une bonne épaisseur & de 4, 5 ou 6 pouces de diamétre. On le divise en quatre parties égales par deux lignes qui s'entre-coupent à angles droits au centre. Aux quatre extrémités de ces lignes & au milieu du limbe on y met quatre fortes pinules bien rivées dans des trous quarrés & très-perpendiculairement fendues sur lesdites lignes avec des trous au-dessous de chaque fente pour mieux découvrir les objets en campagne. On évuide ce cercle pour le rendre plus léger. XII. Planche. Fig. A.

Au-dessous & au centre de l'instrument se doit monter à vis une virole qui sert à soutenir l'équerre sur son bâton de 4 à 5 piéds suivant la hauteur de l'œil de l'observateur. Ce bâton doit être garni d'un fer pointu par le bout qui entre en terre, & l'autre bout doit être arrondi pour que la virole y reste juste. Fig. B.

Toute la précision de cet instrument consiste en ce que les pinules soient bien exactement fendues à angles droits; ce que l'on connoîtra facilement

en bornayant un objet éloigné par deux pinules, & un autre objet par les deux autres pinules. Il faut ensuite tourner l'équerre bien juste sur son bâton, & regarder les mêmes objets par les pinules opposées, s'ils se rencontrent bien exactement dans l'alignement des fentes, c'est une marque de la justesse de l'instrument.

Pour éviter de fausser l'équerre il faut premiérement enfoncer en terre le bâton seul, & quand il est bien affermi, placer ladite équerre sur la virole par le moyen de sa vis.

On fait aussi de ces sortes d'équerre, où l'on met huit pinules de la même maniére que celle décrite ci-dessus; elles servent pour avoir les angles de 45 dégrés; & aux Jardiniers pour aligner & planter des allées d'arbres en étoile.

USAGE PREMIER.

Pour lever le plan & faire la mesure d'un champ ou d'un pré dans lequel on peut entrer.

Fig. 1 SOit proposé le champ A B C D E à lever. Plantez à tous les angles des piquets ou jallons bien à plomb, mesurez exactement la ligne A C par parties de la maniére que nous allons dire ci-après ou telle autre qu'il vous plaira, mais d'où l'on puisse découvrir tous les piquets plantés aux angles.

Faites un brouillon ou mémorial sur une feuille de papier qui représente à peu-près la figure du plan proposé, sur lequel vous écrirez toutes les mesures des parties de la ligne A C & des lignes perpendiculaires tirées des angles à la rencontre de la ligne A C.

Si vous commencez par le piquet A, cherchez le long de la ligne A C le point F, sur lequel tombe la perpendiculaire E F, mesurez les lignes A F, F E, & marquez leur longueur sur les lignes correspondantes de votre mémorial.

Pour trouver ce point F plantez plusieurs piquets à discrétion au long de la ligne A C; plantez aussi le piéd de votre équerre dans la même ligne, en sorte que par deux de ses pinules opposées, vous découvriez deux de ces piquets, & que par les fentes des deux autres pinules, qui font angle droit avec les deux premiers, vous puissiez voir le piquet E. Que si du premier coup vous ne découvrez pas ce piquet, approchez ou reculez du point A le piéd de l'instrument jusqu'à ce que les lignes bornayées A F, E, fassent angle droit au point F, au moyen de quoi vous aurez le plan & la surface du triangle A F E.

C'est de la même maniére que vous trouverez le point H où tombe la perpendiculaire D H, laquelle vous mesurerez actuellement, aussi bien que G F, & dont vous marquerez les longueurs sur votre mémorial, afin d'avoir le plan & la surface du trapèze E F H D; mesurez ensuite A C faisant angle droit avec H D, & vous aurez le plan & la surface du triangle rectangle D H C.

Ayant ainsi mesuré toute la ligne A C, il ne s'agit plus que de trouver sur cette ligne le point G, où tombe la perpendiculaire B G & de la mesurer, afin d'avoir le plan & la surface du triangle rectiligne A B C, au moyen de quoi vous aurez le point du champ proposé A B C D E. Vous aurez aussi sa surface totale en ajoutant celles des triangles & trapèze qui en sont les parties,

&

& qui se connoîtront facilement par les régles de la Planimétrie, de la maniére qui suit.

Supposons, par exemple, que A F soit de sept toises, & la perpendiculaire E F de dix; multipliant 7 par 10, le produit est 70, dont la moitié 35 sera la surface du triangle A F E.

Si de plus la ligne F H est de 14 toises, & la perpendiculaire H D de 12; ajoûtant 12 avec 10, que contient la parallele F E, on aura 22, dont la moitié 11 étant multipliée par 14, produit 154 toises quarrées pour la surface du trapèze E F H D. Et si la ligne H C est de 8 toises, multipliant 8 par 12, le produit est 96, dont la moitié 48 sera la surface du triangle C H D.

Toute la ligne entiére A C est de 29 toises, & la perpendiculaire B G de 10; le produit est 290, dont la moitié 145 est la surface du triangle A B C. Enfin ajoûtant les quatre surfaces partiales 35, 154, 48 & 145, la somme 382 toises quarrées sera la surface totale du plan A B C D E, (Figure 1. de la planche 12.)

USAGE II.

Pour lever le plan d'un terrein dans lequel il n'est pas facile d'entrer; comme pourroit être un Bois, un Etang, un Marais, & autre lieu de cette nature.

Soit proposé le marais E F G H I: plantez des piquets à tous les angles, faites en sorte de renfermer sa figure dans un rectangle, lequel vous mesurerez; puis en soustrayant les triangles & trapèzes qui se trouveront ajoûtés autour de son plan, le reste sera la surface du terrein proposé. Fig. 2.

Si, par exemple, vous commencez par le piquet E, prolongez avec votre équerre la ligne E F, tant qu'il est besoin, pour tracer sur son prolongement une perpendiculaire qui rencontre le piquet G, comme est ici la ligne K G; plantez un piquet en K, & prolongez cette ligne jusqu'en L, c'est-à-dire, tant qu'il sera nécessaire pour y tracer une perpendiculaire qui passe par le point H, comme la ligne L H, que vous prolongerez aussi tant qu'il sera besoin; retournez ensuite au piquet E pour y tracer une autre perpendiculaire sur la ligne E F, laquelle étant prolongée rencontrera au point M la perpendiculaire L H; ce qui étant fait, vous aurez le rectangle E M L K, dont vous mesurerez les longueur & largeur avec une chaîne ou une toise.

Supposons par exemple, que la longueur E K ou sa paralléle M L, qui lui doit étre égale, soit de 35 toises, & que la largeur E M ou sa paralléle L K soit de 10 toises; multipliant ces deux nombres l'un par l'autre, vous aurez 350 toises quarrées pour la surface totale dudit rectangle.

Mais si le prolongement F K est de 5 toises & K G de 4, multipliant 4 par 5, le produit est 20, dont la moitié 10 toises est la surface du triangle F K G. La ligne G L étant de 6 toises & L H de quatre, le produit de 4 par 6 est 24, dont la moitié 12 est la surface du triangle G L H.

Il faut ensuite trouver dans la ligne H M un point où tombe la perpendiculaire qui part du piquet I, laquelle formera un triangle & un trapèze;

de forte que si la distance H N est de 24 toises, & la perpendiculaire N I de 4 toises, le produit de 24 par 4 est 96, dont la moitié 48 est la surface du triangle H N I. Enfin N M étant de 7 toises, M E de 10, & sa paralléle N I de 4 toises, ajoûtant 10 & 4, la somme est 14, dont la moitié 7 multipliée par 7 fait 49 pour la surface du trapèze E M N I.

C'est pourquoi ajoûtant ensemble les surfaces de ces trois triangles & celle du trapèze, on aura 119 toises, lesquelles étant ôtées de 350, qui est la surface totale du quarré long, il restera 231 toises pour la surface du marais proposé E F G H I. On fera la même chose de toute autre figure. Ces deux usages font assez connoître la maniére dont les Arpenteurs se servent de leurs instrumens pour lever les plans & mesurer toutes sortes de piéces de terre.

CHAPITRE III.

Contenant la construction & les usages de différens Récipiangles.

XII. Planche. Fig. A. IL y a plusieurs sortes de récipiangles ou mesurangles, mais les meilleurs & les plus en usage son ceux dont nous allons faire la description.

Le récipiangle marqué A est composé de deux régles parfaitement égales en largeur : car il faut que les côtés intérieurs de chaque régle soient bien paralléles aux côtés extérieurs. Leur largeur est d'environ un pouce & leur longueur d'un pied ou plus. Ces deux régles sont arrondies par la tête également & attachées l'une sur l'autre par le moyen d'un clou à tête artistement tourné, de sorte que l'instrument se puisse ouvrir & fermer facilement. Lorsqu'on a pris l'ouverture d'un angle, on met le centre d'un rapporteur à l'endroit où les deux régles se joignent, & les dégrés du bord marquent l'ouverture de l'angle, ou bien l'on trace sur le papier l'ouverture que font les régles du récipiangle, puis on la mesure avec un rapporteur.

Fig. B. Le récipiangle marqué B est fait comme le précédent, excepté qu'il y a deux pointes d'acier aux deux extrémités, afin qu'il puisse servir de compas. On le nomme ordinairement *Fausse Equerre.*

Fig. C. Le récipiangle marqué C est différent des autres, en ce qu'il marque l'ouverture des angles sans rapporteur.

Il est composé de deux régles de cuivre d'égale largeur & bien paralléles, longues de deux piéds ou environ, larges de deux ou trois pouces & d'une ligne d'épaisseur & jointes ensemble par un clou bien rond. Il y a de plus un cercle divisé en 360 dégrés au bout d'une des régles & un petit index attaché fortement au clou, lequel à mesure que l'on ouvre ou ferme l'instrument, marque les dégrés de son ouverture. Nous ne répétons pas ici la maniére de diviser le cercle, l'ayant expliqué suffisamment en parlant du rapporteur. Nous dirons seulement que l'on commence toujours à compter les dégrés, du milieu de la régle où est le centre.

On fait encore cette sorte de récipiangle en divisant un cercle sur la régle inférieure, & on lime la régle de dessus comme la tête d'un compas de proportion, de sorte qu'en ouvrant l'instrument les deux épauliéres marquent les dégrés de son ouverture.

Pour mesurer un angle saillant avec quelqu'un de ces trois récipiangles, on applique les côtés intérieurs des deux régles sur les lignes qui forment l'angle. Et pour mesurer un angle rentrant, on applique les côtés extérieurs des mêmes régles le long des lignes qui forment ledit angle.

Le récipiangle marqué D est composé de quatre régles de cuivre, de largeur parfaitement égale & jointes ensemble par quatre clous ronds à tête tournée, lesquelles forment un parallélogramme équilatéral. Au bout de l'une desdites régles il y a un demi-cercle de trois à quatre pouces de diamétre divisé en 180 dégrés & même en demi, si l'on veut : or c'est ce qui doit faire préférer ce récipiangle aux autres. L'autre branche qui passe sur le demi-cercle est prolongée jusques sur la division, afin d'y marquer l'ouverture des angles. Fig. D.

Ces régles se font d'un pied ou deux de longueur, de huit ou dix lignes de largeur, & d'épaisseur convenable. Elles doivent être percées très-également en longueur, sçavoir celle où est le demi-cercle au point 2 où est son centre, & à l'autre bout au point marqué 1. Celle qui sert d'alidade doit être percée aux points marqués 2 & 3 ; & enfin les deux autres régles chacune à leurs extrémités au point marqué 4. La régle qui sert d'alidade doit être attachée au centre & dessus le demi-cercle ; les deux autres régles qui sont d'une même longueur, doivent être attachées par-dessous les deux autres ; le tout de maniére que leur mouvement soit bien uniforme.

Quand on veut mesurer un angle saillant avec ce récipiangle, on fait passer les deux régles égales par-dessous les deux autres, afin que les quatre régles n'en fassent que deux, pour embrasser l'angle ; mais quand on veut mesurer un angle rentrant, on retire ces deux régles en dehors, comme elles sont à présent, & on les applique dans l'enfoncement de l'angle ; & comme en tout parallélogramme les angles opposés sont égaux, on en connoît l'ouverture par les dégrés du demi-cercle opposé.

USAGE PREMIERE.

Lever le plan d'un Bastion.

POur lever le plan d'un bastion, comme de celui cotté ABCDE, (en la figure 1. gravée au bas de la même planche XII), tracez un brouillon sur une feuille de papier & mesurez avec le récipiangle rentrant l'angle E, formé d'une courtine de la place & du flanc du bastion proposé, en l'appliquant horizontalement, de sorte qu'une des régles soit dans l'alignement de ladite courtine & l'autre régle dans l'alignement du flanc ; & ayant reconnu sa valeur en dégrés, marquez-la sur votre mémorial dans un petit arc, pour faire connoître que c'est la cotte d'un angle. Faites ensuite mesurer la longueur du flanc ED, que vous marquerez le long de la ligne *ed* de votre brouillon, puis embrassez avec les régles de votre récipiangle l'angle saillant D de l'épaule, & cottez sa valeur dans un petit arc ; faites mesurer la longueur de la face gauche CD ; mesurez avec le récipiangle l'ouverture de l'angle flanqué C, & ensuite celle des autres angles du bastion, de même que la longueur de ses faces & flancs ; après quoi il sera facile de le remettre au net par le moyen d'une échelle de parties égales & d'un rapporteur. Fig. 1.

Mais comme il se rencontre souvent que les angles, qui d'ordinaire sont de pierre de taille, ont été mal taillés par la négligence des Ouvriers qui

les font ou trop aigus ou trop obtus, pour y remédier on applique une longue régle sur chaque mur, dont l'alignement peut être bon, quoique l'angle soit mauvais, & posant de niveau sur ces deux régles les jambes du récipiangle, on aura plus exactement l'ouverture de l'angle à mesurer.

USAGE II.

Lever le plan d'un terrein dont l'enceinte soit de figure rectiligne.

Fig. 2. SOit proposé le plan A B C D E F G. Il faut d'abord en déssiner la figure à vûe sur un mémorial, mesurer exactement sur le terrein la longueur de tous les côtés & les marquer à mesure sur les lignes relatives du mémorial; prenez ensuite avec tel récipiangle que vous voudrez choisir l'ouverture de chaque angle, par exemple, de l'angle saillant A G F, l'enfermant avec les jambes du récipiangle, & marquez les dégrés de son ouverture sur l'angle relatif *a g f* dudit mémorial; mesurez aussi l'angle rentrant F E D, en mettant la tête du récipiangle dans le fond de cet angle, en sorte que l'extérieur des branches joigne exactement les côtés du terrein qui forment l'angle, & marquez-en la valeur sur l'angle relatif du mémorial, & ainsi de tous les autres angles: quand vous en aurez marqué les dégrés, aussi-bien que la longueur de toutes les lignes mesurées sur le terrein, vous le remettrez au net, & par ce moyen vous aurez le plan semblable *a b c d e f g*. (Figure 2.) On peut par cette méthode lever le plan d'une maison, en prenant les angles tant rentrans que saillans.

Sur la même planche on verra le plan d'un pentagône régulier fortifié avec les noms des parties de sa fortification.

CHAPITRE IV.

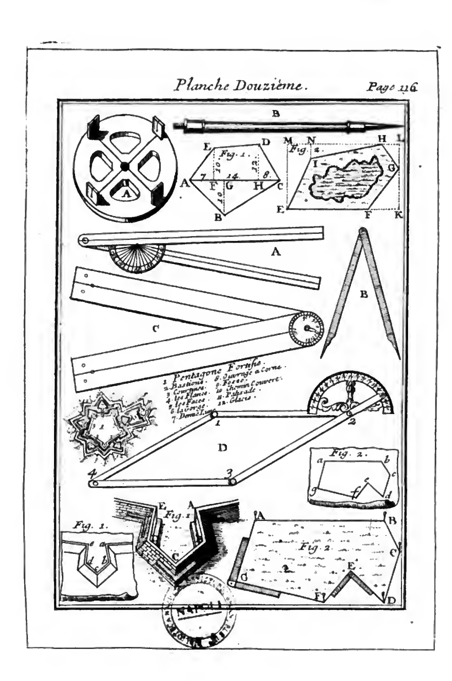
Contenant la construction & les usages de différentes Planchettes.

XIII. Planche. Fig. 1. NOus commencerons par donner la construction & les usages de l'Instrument universel qui sert aussi de Planchette.

La figure premiére de la planche 13 est une planchette, qu'on nomme aussi *Instrument universel*, à cause que Mr Ozanam qui en est l'Inventeur, prétend qu'avec cet instrument on peut faire toutes les opérations de la Géométrie pratique.

Cet Instrument de figure rectangulaire comme celui cotté AB C D est fait d'une plaque de laiton ou de quelqu'autre matiére solide dont la longueur A B est d'environ 12 pouces, & la largeur B C ou A D de 8 pouces: on ajuste sur cette plaque 4 régles, dont 3 sont de 6 lignes de large, & celle qu'on nomme la base doit avoir 9 à 10 lignes. Au milieu de cette régle, on trace une ligne qu'on nomme ligne de conduite. Elle doit être divisée en 200 ou 300 parties égales pour les opérations que nous dirons ci-après.

Au milieu de cette ligne au point L, est le centre des dégrés d'un demi cercle, qui doivent être tracés sur les trois autres régles; on voit bien que ces dégrés ne peuvent pas être égaux, étant tracés sur un parallélogramme,


B
A
E
D
Fig. 1.
A
F
G
H
C
B
M
N
H
L
Fig. 2.
I
G
E
F
K
A
B
C
Pentagone Fortifié.
1 Bastions.
2 Courtines.
3 les Flancs.
4 les Faces.
5 la Gorge.
6 la Gorge.
7 Demi Lune.
8 Ouvrage a Corne.
9 Fossé.
10 Chemin Couvert.
11 Palissade.
12 Glacis.
1
2
D
3
4
Fig. 2.
a
b
c
e
f
g
d
E
A
Fig. 1
C
Fig. 1.
e
a
d
c
b
A
B
C
Fig. 2
E
G
F
D

& par conséquent les dégrés des angles doivent être plus grands étant plus éloignés du centre.

Avant d'arrêter ces quatre régles sur la plaque, il faut en ajuster trois autres par-dessous qui soient moins larges que les autres d'environ une ligne, afin de laisser un vuide pour y pouvoir couler quelques feuilles de papier ou de carton mince par un des côtés, comme B C, qui soit vuide par-dessous, afin que sur ce papier on puisse tracer les rayons qui se tirent le long de la ligne de foi de l'alidade, comme il sera expliqué en son lieu. Toutes ces régles étant ainsi arrêtées sur la plaque, elles doivent former en dedans & en dehors un parallélogramme parfait.

L'alidade doit être non seulement mobile autour de son centre, mais ce centre doit aussi être mobile & couler sur la ligne de conduite, en sorte qu'il puisse se mouvoir & s'arrêter à telle division que l'on voudra, & c'est en cela que consiste la plus grande difficulté de l'instrument.

Pour le faire avec plus de justesse, il faut placer sous la base de l'instrument & précisément au-dessous de la ligne de conduite une régle de la longueur de ladite base d'environ quatre lignes de largeur & de deux lignes d'épaisseur, il faut qu'il y ait deux biseaux également limés dans toute leur longueur, & arrêter cette régle avec des vis à têtes perdues, les biseaux en-dessous.

Il faut ensuite avoir une piéce de cuivre d'un pouce en quarré & d'une ligne d'épaisseur. Aux deux bords opposés de ladite piéce on rivera deux piéces qu'on aura limé en biseaux par-dessous, de maniére qu'elle coule bien juste au long de la régle à biseau : on y peut mettre aussi un ressort en-dessous. J'ai expérimenté que cela fait un fort bon effet. Puis on ajuste une autre piéce de laiton de la même grandeur que la précédente, d'une bonne ligne d'épaisseur & que l'on plie à équerre par un des côtés, pour mettre sur la base de l'instrument, & l'on attache cette piéce avec deux vis vers ses extrémités à la coulisse de dessous, de maniére que ces deux piéces coulent bien juste & parallélement au long de la base de l'instrument.

Il faut ensuite percer cette piéce de dessus d'une ouverture ronde de six à sept lignes de diamétre, dont le centre réponde juste à la ligne de conduite ; puis attacher l'alidade, qui doit être percée au centre d'une pareille ouverture que la précédente par le moyen d'une virole ou clou tourné, dont l'ouverture intérieure soit de 5 à 6 lignes & l'extérieure de la grosseur du trou de l'alidade & de la coulisse. On doit en tournant cette virole réserver une épaisseur & une largeur convenable en-dessus, pour qu'en rivant l'alidade à la coulisse, elle tourne en tous sens ; on ajustera au point I une lame d'acier mince qui traversera le diamétre de l'ouverture du centre, qui fera angle droit à la ligne de conduite, afin de placer le centre de l'alidade à telle partie qu'on voudra de la division de la ligne de conduite.

L'alidade doit avoir au moins la longueur de la diagonale du parallélogramme & doit être divisée dans toute sa longueur au bord de la ligne de foi depuis le centre de la même division de la ligne de conduite.

On place deux pinules aux extrémités juste de la ligne de conduite, il est mieux qu'on les place dessous l'instrument, parce qu'elles ne nuisent pas au rayon visuel de ceux de l'alidade. On en place deux autres vers les extrémités de l'alidade, mais il faut que les fentes & les filets répondent

juste à la ligne de foi. Je trace derriére l'instrument une ligne perpendiculaire, pour y accrocher une soye avec son plomb afin de servir de niveau, ou afin de prendre les hauteurs. On met un genou au-dessous & au milieu de l'Instrument, & quelquefois une Boussole pour orienter les plans, qu'on attache avec deux vis au bord extérieur de l'alidade. On pose aussi cet instrument sur un piéd, comme ceux dont je donnerai la description ci-après.

USAGE PREMIER.

Mesurer la distance des deux objets inaccessibles.

Fig. 2. SOit, par exemple, la distance inaccessible de la Tour A à la Chapelle B, à mesurer. Choisissez à volonté deux points éloignés entre eux autant que vous pourrez & le plus proche que faire se pourra de la ligne à mesurer A B, afin que les rayons visuels se coupent moins obliquement & que les interséctions ne se fassent pas hors du plan de l'instrument, comme C E, dont la distance exactement mesurée avec la chaîne est de 200 pieds ou toises; & ayant arrêté le centre de l'alidade de l'instrument en un point commode de la ligne de conduite, comme en *c*, appliquez l'instrument de façon que ce point *c* réponde perpendiculairement sur le point C, où vous placerez un piquet, & la ligne de conduite sur la ligne C E, où il y aura aussi un piquet: & ayant tourné l'alidade & bornayé avec ses pinules les deux extrémités A, B de la ligne à mesurer, tirez sur la surface de l'instrument le long de la ligne de foi les deux rayons visuels *c* F, *c* G aux deux points de la Tour & de la Chapelle.

Après cela faites une seconde station, mais auparavant avancez le centre de l'alidade de deux cens parties de la ligne de conduite, pour les deux cens piéds de la ligne C E depuis *c* en *e*, pour appliquer de nouveau l'instrument de maniére que ce point *e* réponde juste au piquet E, & que par les deux pinules de la ligne de conduite vous voyiez le piquet C; après quoi l'alidade étant pareillement tournée vers les mêmes extrémités A, B de la ligne donnée, on tracera sur la surface de l'instrument au long de la ligne de foi les deux rayons visuels *e* H, *e* I, qui couperont les deux premiers *c* F, *c* G en deux points, par où vous tirerez la droite *a b*, dont la longueur étant prise avec un compas & portée sur la division de la ligne de conduite, elle donnera dans le nombre des parties égales qu'elle comprendra le nombre des piéds ou toises de la distance proposée de la Tour A à la Chapelle B.

Il est à remarquer qu'en appliquant l'alidade sur les lignes *e a*, *e b*, on trouve sur la division de la ligne de foi la valeur des lignes E A, E B; & de même en appliquant l'alidade sur les lignes *c a*, *c b*, on trouve sur les mêmes divisions de la ligne de foi la valeur des lignes C A, C B. Ainsi vous voyez que par cette opération on peut mesurer sur le terrein plusieurs lignes à la fois.

USAGE II.

Tracer un plan sur la terre.

POur tracer sur la terre un plan, qui soit semblable à un autre décrit sur le papier, comme *b c d e*, placez ledit plan sur la surface de l'Instrument universel, & ayant choisi sur un terrein un endroit commode & où il n'y ait aucun empêchement, comme en A, arrêtez le centre de l'alidade en un point de la ligne de conduite, comme en *a*; & l'Instrument étant posé horisontalement sur son pied de telle sorte que le point *a* réponde perpendiculairement au point A, & que la ligne de conduite soit tournée à droit ou à gauche, selon que vous trouverez à propos de tracer votre plan; ensuite tournez l'alidade vers un des angles du plan proposé *b c d e*, comme vers l'angle *b*, en sorte que la ligne de foi tombe précisément sur cet angle *b*, & remarquez sur les divisions de la même ligne de foi de combien de parties égales ce point *b* est éloigné du point *a*, afin de compter sur la terre en ligne droite autant de pieds depuis A jusques en B; alors le point B représentera le point *b* du plan proposé, où vous ferez planter un piquet. Fig. 3.

Tournez ensuite l'alidade vers l'angle *c*, & faites pour l'angle C, comme il a été fait pour l'angle *b*, afin d'avoir de la même maniére sur le terrein la représentation de l'angle *c* C, où vous en ferez aussi placer un piquet. Et si vous en faites de même pour les angles *e d*, vous aurez sur la terre leurs représentations aux points E D, & le plan proposé *b c d e* se trouvera tracé sur le terrein & représenté par le plan B C E D.

Si le lieu où l'on veut tracer le plan est empêché, comme si l'on vouloit tracer une fortification autour d'une Ville, il faudroit connoître les angles & les côtés du plan proposé, & faire sur le terrein les memes angles & prendre les côtés d'autant de toises sur la terre qu'ils auront éte trouvés sur le papier.

USAGE III.

Mesurer une hauteur accessible.

MEsurer une hauteur, par exemple, de la Tour A B: je la suppose accessible & le terrein paralléle à l'horison. Faites sur ce terrein une station en quelque lieu commode & un peu éloigné de la Tour comme en C, & mesurez la base B C que je suppose de 200 pieds. Fig. 4.

Cette préparation étant faite, placez l'Instrument universel sur son pied, que son plan soit perpendiculaire à l'horison, par le moyen du plomb que vous mettez sur la ligne qui est tracée derriére ledit Instrument, arrêtez le centre de l'alidade au point *c*, éloigné du point *b* sur la ligne de conduite de 200 parties égales, pour les 200 pieds de la distance C B, & que le point *c* réponde juste au point C. Après cela élevez l'alidade vers le sommet de la Tour A, en sorte que par les pinules vous voyiez le point A: Tirez sur la surface de l'Instrument le long de la ligne de foi, la ligne *c a* qui donne le point *a* sur le côté perpendiculaire de l'Instrument, & prenez avec un

compas la longueur de *ba* & la portez sur la ligne de conduite *cb*, pour connoître le nombre des parties égales de cette ligne *ba*, alors ce nombre vous fera connoître la hauteur de la Tour A B qu'on cherche.

Il est à remarquer que pour prendre les hauteurs avec cet instrument; il faut être éloigné de l'objet un peu plus que cette hauteur, autrement la ligne *ca* ne couperoit le côté perpendiculaire B D qu'au-dehors de l'instrument, de sorte qu'on ne pourroit pas avoir le point *a*, ce qui empêcheroit de connoître sans calcul la hauteur de la Tour A B.

Comme l'instrument est toujours au-dessus du terrein de 4 à 5 piéds; ce qui est à peu près la hauteur de l'œil de l'Observateur, il faut ajoûter ces 4 à 5 piéds pour avoir toute la hauteur proposée au-dessus du terrein.

Je ne m'étends pas davantage sur les usages de cet Instrument. M[r] Ozanam en a fait un petit Traité particulier dans lequel il lui donne un grand nombre d'usages. Je ne parle pas non plus de ces usages par raport à la Trigonométrie qu'on fait avec les dégrés qui sont au bord de l'Instrument, ce sont les mêmes que ceux des demi-cercles dont je parlerai ci-après.

Description d'une autre sorte de planchette moins composée, & de son usage.

XIII. Planche. Fig. 5. CEtte planchette se fait d'une plaque de cuivre ou de bois bien sec & bien droit, d'environ 12 à 15 pouces en quarré, montée sur son genou & sur un piéd à trois branches. On arrête une feuille de papier par le moyen d'un chassis qui s'emboëte juste autour de la planchette. On se sert, pour tirer les rayons visuels, d'une régle ou alidade de cuivre de la longueur au moins de la diagonale de la planchette & on y ajuste aux extrémités deux pinules à fente & à filets, & quelquefois une lunette d'ap-
Fig. 6. proche & une boussole pour orienter les plans. On trace aussi sur cette régle plusieurs échelles de différentes grandeurs pour rapporter sur le champ les longueurs & les distances. Il y a des personnes qui disent qu'ils se servent d'épingles qu'ils fichent sur la planchette quand elle est de bois; mais il n'y a aucune justesse ni facilité à s'en servir, car les épingles ne se placent que fort difficilement à plomb & les fibres du bois les font glisser à côté de l'endroit où ils devroient être. Je passe sous silence tous les autres inconvéniens qui arrivent en se servant de cette méthode.

Il est bon de dire ici que pour faire de grandes opérations avec cet instrument, il faut que la planche soit de deux piéds en quarré, & que les pinules soient environ de 3 à 4 pouces de hauteur & posées sur l'alidade, parce que la planchette étant placée horisontalement, lorsqu'il se rencontre sur le terrein des hauteurs ou des profondeurs, la hauteur des pinules est très-utile dans ces opérations; on peut les ajuster à charniére, de maniére qu'elles se couchent sur l'alidade, & étant relevées on les arrête droit avec chacune une vis.

A l'égard de la lunette, quand on y en met, il faut qu'elle soit ajustée sur l'alidade, de maniére qu'elle soit bien paralléle à la ligne de foi & qu'elle soit un peu élevée sur l'alidade, afin qu'on puisse lui faire faire un mouvement de haut en bas suivant que le terrein le requiert; ce mouvement se fait par le moyen d'une piéce qui est attachée avec des vis au milieu de l'alidade:

l'alidade : cette piéce porte une charniére comme celle de la tête d'un compas ; au milieu de cette charniére & à angle droit est un cercle dans lequel passe juste le tuyau de la lunette. Aux extrémités de l'alidade sont attachées à vis deux piéces comme des pinules & qui sont évidées en quarré long de la largeur du corps du tuyau de la lunette ; on passe la lunette dans ces trois piéces qui par ce moyen peut hausser ou baisser à telle hauteur qu'on souhaitera. La maniére de placer les verres & les filets qu'on pose dans le tuyau de la lunette sera expliquée ci-après en parlant du demi-cercle à lunette.

On place ordinairement une petite boussole quarrée pour orienter les plans qu'on attache avec deux vis au bord extérieur de l'alidade. On ne se sert pas ordinairement de genou pour porter cette planchette, parce qu'elle est trop grande pour cela. Nous faisons un piéd particulier qui est d'un fort bon usage. La description abrégée que nous allons en donner mettra assez au fait les personnes intelligentes. Ce piéd est composé de trois branches de bois de 4 pieds 5 pouces de longueur : à la hauteur de trois piéds on y ajuste une piéce triangulaire aussi de bois de trois pouces de large & de cinq pouces de hauteur, dans laquelle piéce on fait une entaille pour y placer à force une grosse vis triangulaire de cuivre, qui sert à serrer les trois bâtons avec de gros écrous aussi de cuivre : la piéce triangulaire de bois est entaillée vers le haut pour retenir les trois bâtons qui ont été percés à la hauteur de trois pieds pour entrer dans la vis triangulaire de cuivre, de maniére que les trois bâtons qui par le moyen des entailles ne peuvent s'ouvrir que suivant lesdites entailles, demeurent stables ; le haut des trois bâtons s'ouvre en même tems & proportionnellement à leurs longueurs, & sont coupés par les bouts, de maniére que la planchette qu'on pose dessus soit bien à plat : on y met de petites pointes de cuivre afin que la planchette ne glisse point. Il est à remarquer que ces bâtons sont à pans, excepté à l'endroit où ils se joignent à la piéce triangulaire de bois où ils sont plats par-dessous pour être plus joints à ladite piéce & par-dessus pour être plus serrés par les écrous. Aux bas desdits bâtons sont trois viroles où il y a une pointe de fer pour retenir le piéd sur la terre. La petite figure I de la planche 14 donnera suffisamment l'idée de ce piéd.

USAGE PREMIER.

Mesurer une largeur inaccessible, comme celle du marais A B.

Placez la planchette sur son piéd à quelqu'endroit commode, comme en C, d'où vous puissiez aller en ligne droite vers les points A & B ; & d'un point comme C pris sur la planchette dirigez la régle ou alidade avec ses pinules, sçavoir vers C A, puis tirez la ligne C D sur la planchette, ensuite dirigez la régle vers C B, & tirez sur la planchette la ligne C E. Fig. 7.

Mesurez avec la chaîne les longueurs C A, C B, (nous supposons que C A est de 36 toises, & C B de 30 :) placez-y deux piquets & racourcissez proportionnellement sur la planchette par le moyen d'une échelle les lignes C E, C D, en prenant 36 parties sur l'échelle avec un compas pour les porter de C en E, & 30 parties pour les porter de C en D ;

tirez la ligne D E, & la longueur de cette ligne étant portée sur l'échelle, le nombre des parties vous sera connoître combien il y aura de toises du piquet A au piquet B, qui est la largeur du marais (suivant la 58me du 2).

USAGE II.

Lever la situation de plusieurs Villages.

Fig. 9. SOient proposés pour exemple les trois Villages marqués A,B,C. Choisissez un terrein où vous puissiez avoir une base de 4 à 500 toises & que de ses extrémités E G. vous puissiez découvrir les trois villages proposés. A l'une des extrémités de cette base, comme E, plantez un piquet & du point E pris sur la planchette dirigez les pinules de la régle vers les clochers ou les lieux les plus apparens de ces villages, & tirez des lignes ou rayons avec la régle sur la planchette & un autre rayon vers le point G, où il y aura aussi un piquet.

De ce dernier rayon faites une base sur la planchette que vous prendrez sur une des échelles qui réponde à celle que vous avez prise sur le terrein, & écrivez sur chaque rayon le nom du village où il est dirigé.

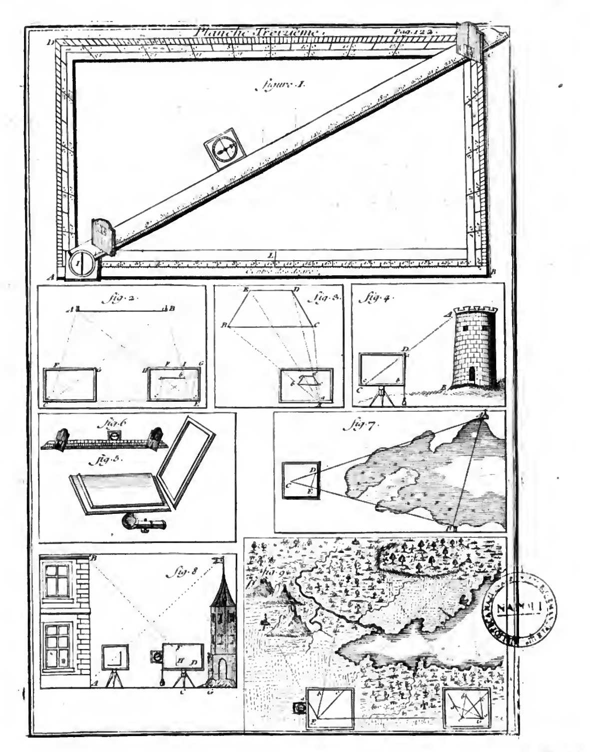
Transportez la planchette au piquet G & la tournez de maniére que la base *eg*, que vous avez tirée dessus, se trouve au-dessus de celle du terrein E G: puis du point G pris sur la planchette dirigez aussi des rayons vers les villages A, B, C; & les points *a b c*, où ils couperont les rayons de la premiére station, feront en distance avec leur base *e g*, comme les trois villages A, B, C, avec leur base E G. Pour bien réussir dans ces opérations, il faut en dirigeant les rayons visuels que la planchette soit toujours bien de niveau.

USAGE III.

Mesurer la hauteur d'une Tour, d'un Clocher ou d'un Bâtiment qui est à plomb sur un terrein bien de niveau.

XIII. Planche. Fig. 8. SOit la Tour ou le bâtiment A B. Posez la planchette bien à plomb par le moyen d'une ligne perpendiculaire qui est tracée derriére, au haut de laquelle on suspend un plomb avec sa soie en quelque lieu commode, par exemple en C; tirez sur cette planchette la parallele D H; du point D tracez le rayon D F vers l'extrémité du bâtiment B.

Prolongez ce rayon jusques sur le terrein en G; mesurez le nombre des piéds ou toises qu'il y a entre la distance A & G, & prenez sur votre échelle autant de parties que vous porterez sur la parallele D H, depuis le point D jusqu'en H: du point H élevez la perpendiculaire H F, & elle contiendra autant de petites parties de l'échelle que la ligne D H, & autant que la hauteur A B de la Tour ou du bâtiment contiendra de piéds ou toises (suivant la 53me du 2.) Ces trois usages suffiront pour mettre au fait de toutes les autres opérations, qu'on peut faire avec cet instrument.


Planche Treizième.
Pag. 122.
figure 1.
fig. 2.
fig. 3.
fig. 4.
fig. 6.
fig. 5.
fig. 7.
fig. 8.
fig. 9.

Construction & usages de la planchette ronde.

CEt instrument se fait de bois, de cuivre ou de toute autre matiére solide. Sa figure la plus ordinaire est la circulaire. On lui donne environ un piéd de diamétre. En son centre il y a un petit cylindre de cuivre élevé à plomb qui sert de clou autour duquel tourne une régle ou alidade garnie de deux pinules ou d'une lunette. Cette régle doit avoir une ligne droite appellée ligne de foi, qui réponde exactement au centre du clou dont le haut doit étre tourné en vis pour y recevoir un écrou qui serre la régle, à laquelle on attache une petite boussole pour orienter les plans. XIV. Planche. Fig. A.

Autour de la planchette il y a un cercle d'une épaisseur à contenir environ six cartons & d'une largeur convenable à recevoir les divisions de 360 dégrés, & quelquefois les minutes de 5 en 5.

Il faut avoir plusieurs cartons de la grandeur de la planchette, percés dans le milieu d'un trou égal à la grosseur du pivot ; on se sert pour cela d'un emporte-piéce à peu près semblable à celui des ceinturiers, de sorte qu'on puisse enfiler tous ces cartons & mettre la régle par-dessus. Il faut aussi que l'on puisse arrêter le carton de dessus par le moyen d'une petite pointe qui soit attachée au bord de la planchette & qui entre un peu dans le carton. On marque ordinairement sur chacun de ces cartons un rayon ou demi-diamétre à l'encre pour servir de ligne de station.

Au-dessous de la planchette on attache un genou, comme celui marqué D. Il est composé d'une boule de cuivre renfermée entre deux coquilles de méme métal que l'on serre plus ou moins par le moyen d'une vis. La tige de ce genou qui est une virole s'emboëte autour d'un piéd à trois branches, qui s'écartent & se resserrent suivant l'inégalité du terrein.

La figure A de la planche 14 représente l'instrument tout monté. Nous allons donner la construction des piéces qui le composent, en commençant par la division de son bord ou limbe.

On y trace premiérement deux ou trois circonférences pour y marquer les dégrés avec les chifres de 10 en 10. On divise d'abord une de ces circonférences en quatre parties bien égales, dont chacune est de 90 dégrés que l'on divise en 3, & chacune encore en 3, & par ce moyen le cercle se trouve divisé de 10 en 10 dégrés. On subdivise ces parties en deux, & enfin chacune en 5, & tout le cercle se trouve divisé en 360 dégrés. On trace avec une régle à centre les lignes de ces divisions dans les circonférences qui leur conviennent, puis on y marque les chifres de 10 en 10 en commençant par la ligne de foi de l'instrument, qui est celle où l'on attache les deux pinules fixes ou la lunette.

Une planchette ainsi divisée est d'un usage plus étendu que les simples planchettes dont le limbe n'est pas divisé, car elle peut servir pour lever exactement les plans & mesurer les distances inaccessibles par la Trigonométrie.

Les figures marquées B représentent les pinules qui se placent sur les différens instrumens. Celle de laquelle on approche l'œil a une fente longue & étroite, qui doit être bien perpendiculairement fendue avec une scie mince, & celle qui est tournée vers l'objet a une ouverture quarrée assez large, afin de donner un grand champ pour appercevoir les environs de l'objet ; au milieu de cette ouverture il y a un filet de cuivre très-délié &

limé bien droit, afin de couper verticalement l'objet & répondre juste à la fente de l'autre pinule ; mais afin que l'on puisse indifféremment approcher l'œil de telle pinule que l'on veut, afin d'observer aussi-bien d'un côté que de l'autre avec l'instrument sur lequel elle est posée, on fait à chaque pinule une fente étroite & un filet délicat, l'une au-dessus & l'autre au-dessous, comme les petites figures le montrent. On fait aussi le plus souvent un petit trou entre le filet & la fente. Ces pinules doivent etre exactement posées aux extrémités & dans la ligne de foi aussi-bien des instrumens que des alidades ; on les y attache soit dans des petits quarrés avec un écrou au-dessous, ou bien par le moyen de vis suivant que la place le requiert.

La petite figure marquée C représente le cylindre qui sert de clou avec son écrou pour joindre l'alidade à la planchette : ceux des demi-cercles & autres instrumens sont faits à peu près de la même manière, excepté qu'on les rive par-dessous.

La figure marquée D représente le genou pour porter les instrumens. Il est composé d'une boule de cuivre renfermée entre deux coquilles de même métal qui sont fraisées, bien rondes, avec des boules d'acier trempées & taillées en maniére de lime ; ces coquilles sont serrées plus ou moins par le moyen d'une vis & pressent aussi par ce moyen la boule qui est renfermée entre les deux coquilles dont une est soudée à une virole tournée, dans laquelle s'emboëte le piéd de l'instrument. Ce genou se fait de différentes grosseurs suivant la grandeur des instrumens, & on les y attache avec des vis & une plaque qui est rivée au haut de la boule.

Usage de la Planchette ronde.

POur lever la carte d'un pays choisissez deux endroits éminens, comme sont l'Observatoire & la Salpétriére, afin que de-là vous puissiez découvrir le pays proche de Paris dont il s'agit de faire la carte. Marquez d'abord
Fig. 1. autour du centre d'un de vos cartons le nom du lieu où vous prétendez faire la premiere station : ce carton étant arrêté par la pointe qui est au bord de la planchette, mettez l'alidade par-dessus en la serrant suffisamment par le moyen de la vis & de son écrou.

Posez la planchette sur son piéd en lui donnant une situation à peu près horisontale, en sorte qu'elle demeure ferme quoiqu'on tourne l'alidade ; & la supposant plantée à l'Oservatoire, mirez par les pinules de la régle le clocher de la Salpétriere, & marquez le long de la ligne de foi depuis le centre la ligne de station.

Tournez ensuite l'alidade, pour observer par ses pinules quelqu'objet remarquable, comme le clocher de Vaugirard, vers lequel il faut tracer une ligne sur le carton le long de ladite alidade du côté qui répond au centre de l'instrument, & écrire le long de cette ligne le nom du lieu où vous avez miré.

Tournez encore la régle vers un autre objet, comme vers Mont-rouge, & faites la même chose vers tous les autres lieux considérables que l'on peut appercevoir de l'Observatoire.

Levez la planchette de la premiére station ayant bien remarqué sa place & la transportez au lieu désigné comme à la Salpétriere, alors faites mesurer exactement la distance entre ces deux stations sur un terrein de niveau, dont vous marquerez le nombre de toises sur votre carton, lequel vous tournerez pour en avoir un blanc sous la régle, car il en faut changer

autant de fois que l'on fait de ſtations différentes pour obſerver les angles de poſition des lieux. Marquez autour du centre de ce nouveau carton le nom du lieu de la ſeconde ſtation, & ſur la ligne de baſe le nombre des toiſes meſurées, afin de vous ſouvenir que cette ligne eſt la même que celle du précédent carton. La planchette étant placée en ce lieu, diſpoſez-la de maniére qu'en mettant la ligne de foi de la régle ſur la ligne de ſtation, vous découvriez par ſes pinules le lieu de l'Obſervatoire où s'eſt faite la premiére ſtation.

L'inſtrument demeurant ferme en cette ſituation, tournez la régle pour mirer l'un après l'autre les mêmes objets qui ont été vus de l'Obſervatoire, & tracez de même ſur le carton des lignes le long de la régle depuis le centre vers les lieux que vous pourrez voir en écrivant leurs noms ſur chaque ligne qui leur correſpond.

Si l'on ne peut voir des deux ſtations précédentes tous les lieux que l'on veut placer ſur la carte, il faudra choiſir quelqu'autre lieu d'où l'on puiſſe les obſerver & faire autant de nouvelles ſtations qu'il ſera néceſſaire pour voir chaque objet remarquable des deux endroits ſuffiſamment éloignés l'un de l'autre.

Pour repréſenter cette carte ſur une feuille de papier, tracez-y une ligne droite, longue à volonté pour ſervir de baſe commune & la diviſez en autant de parties égales que vous avez meſuré de toiſes ſur le terrein : d'une extrémité de la ligne comme centre décrivez des arcs de cercle égaux à ceux qui ont été tracés ſur le premier carton, de l'autre extrémité décrivez des arcs de cercle égaux à ceux qui ont été tracés ſur le ſecond carton & prolongez les lignes juſqu'à ce qu'elles ſe rencontrent ; alors les points où ces lignes ſe couperont, ſeront les points de poſition des lieux qui auront été obſervés.

On peut encore rapporter les ſtations plus facilement en poſant le centre du carton ſur le point, puis en marquant ſur le papier les extrémités des lignes du carton tirer des lignes depuis leurs ſtations.

Par le moyen de cette planchette on a tous les angles de poſition des lieux, où l'on peut pointer les pinules ou lunettes par rapport aux lieux où l'on a placé l'inſtrument, quand même on ne connoîtroit pas leur valeur en dégrés.

Ce que nous venons de dire eſt ſuffiſant pour l'uſage de la planchette par rapport aux poſitions des lieux pour la conſtruction des cartes de Géographie, parce que les opérations ſont les mêmes pour tous les différens endroits.

A l'égard de ſes uſages par rapport à la Trigonométrie, ce ſont les mêmes que ceux du demi-cercle & du quart de cercle dont nous parlerons au Chapitre V.

Conſtruction des Piéds à poſer les Inſtrumens en campagne.

NOus avons parlé du piéd ſimple pour porter les Equerres d'Arpenteur ; ceux dont nous allons donner la deſcription ſont faits pour n'être pas enfoncés en terre, mais s'étendre ou ſe reſſerrer ſelon que l'inégalité du terrein le requiert.

Le piéd marqué E est composé d'un platine en triangle qui porte dans son milieu une tige qui entre dans la virole du genou.

Au-dessous de la platine sont attachées trois viroles ou doüilles à charniére comme des têtes de compas, pour recevoir les trois bâtons ronds, d'une longueur convenable pour que l'œil de l'observateur soit environ vis-à-vis les pinules de l'instrument, quand il est monté; les extrémités de ces bâtons sont garnies d'une virole de cuivre & d'une pointe de fer, afin de tenir ferme sur la terre & de résister au mouvement que l'on donne aux instrumens quand on les veut tourner, élever ou abaisser.

Le piéd marqué F est fait de quatre bâtons de chêne ou de noyer d'environ deux piéds de long, & dont celui du milieu que l'on nomme tige a son extrémité arrondie pour entrer dans la virole du genou. Le reste de ce bâton est taillé en figure triangulaire, afin de recevoir sur ses trois faces les trois autres bâtons qui y sont attachés par le moyen d'une vis en trois qui est attachée au bâton triangulaire & de trois écrous pour le tenir ferme quand on l'ouvre & pour s'en servir en campagne. Ces trois bâtons sont garnis d'une virole & d'une pointe de fer, ils sont plats en dedans & à trois faces en dehors.

Quand on veut porter ce piéd on réunit tous les bâtons ensemble, de sorte qu'ils n'en font qu'un & sont par ce moyen plus courts d'environ la moitié que quand on s'en sert.

A l'un & à l'autre de ces piéds on accroche au milieu un fil avec son plomb, qui tombe sur le terrein pour marquer le point de station.

CHAPITRE V.

Contenant la construction & les usages du Quart de cercle & du Quarré Géométrique.

XIV. Planche. Fig. G. LA figure marquée G représente un Quart de cercle & un Quarré géométrique avec son alidade & ses pinules.

On le fait ordinairement de cuivre ou d'une autre matiére solide de 12 à 15 pouces de rayon, d'une épaisseur raisonnable & bien dressé. Sa circonférence se divise premiérement en 90 dégrés, & chaque dégré se subdivise en autant de parties égales qu'il est possible de le faire sans confusion & de telle sorte que les divisions & subdivisions de dégrés puissent être justes & bien distinctement marquées sur le bord de l'instrument.

Pour cet effet on décrit premiérement deux circonférences sur le bord du quart de cercle, l'une intérieure & l'autre extérieure, éloignées l'une de l'autre d'environ 8 ou 9 lignes, & après les avoir divisées en dégrés, on tire des lignes transversales entre ces deux circonférences du premier dégré au second, du second au troisiéme, & ainsi de suite jusqu'au dernier.

Ensuite dequoi si l'on veut subdiviser chaque dégré de 10 en 10 minutes, on décrit du centre de l'instrument 5 autres circonférences concentriques, qui coupent toutes les transversales; mais si l'on vouloit subdiviser cha-

que dégré de 5 en 5 minutes, il faudroit écrire onze circonférences concentriques entre les deux extrémités.

Les distances entre ces circonférences ne doivent pas être tout-à-fait égales à cause que l'étendue d'un dégré prise dans la largeur du bord forme une espéce de trapèze plus large vers la circonférence extérieure & plus étroite vers l'extérieure, ce qui fait que la circonférence moyenne qui divise chaque dégré en deux parties égales doit être un peu plus près de la circonférence intérieure que de l'extérieure, & les autres à proportion.

Pour faire exactement ces subdivisions les transversales doivent être des lignes courbes comme B C D, que l'on décrit en faisant passer une portion de circonférence par le centre du quart de cercle B, par le commencement du premier dégré marqué D sur le bord en la circonférence intérieure, & par la fin du même dégré C en la circonférence extérieure; ce qu'il est facile d'exécuter par l'usage 18 du premier Livre, qui enseigne à faire passer la circonférence d'un cercle par trois points donnés: & par ce moyen l'on trouvera le point F pour centre de la transversale courbe qui passe par le premier dégré. Fig. II.

On divise ensuite une de ces lignes courbes transversales en parties égales; & du centre de l'instrument on trace autant de circonférences concentriques qu'il en faut pour subdiviser chaque dégré en autant de parties égales qu'il est possible de le faire sans confusion.

La raison de cette opération est que la transversale courbe étant divisée en parties égales, si du centre de l'instrument vous menez par tous les points de division de cet arc des lignes droites, vous aurez audit centre autant d'angles égaux entre eux, puisqu'ils seront tous dans la circonférence d'un même cercle & qu'ils s'appuieront tous sur des arcs égaux; & les côtés de ces angles étant continués diviseront le dégré en autant de parties égales.

Mais comme ce n'est pas une petite peine de trouver les centres de 90 arcs qui passent chacun par trois points semblables à B D C, & que d'ailleurs il est évident que tous les centres de ces arcs doivent être placés dans la circonférence d'un cercle, qui ait le point B pour centre, puisque tous ces arcs passent par le point B, il n'y a qu'à décrire un cercle du centre B & de l'intervale B F, & diviser sa circonférence en 360 dégrés sur lesquels posant l'un après l'autre le piéd immobile du compas, vous décrirez avec la même ouverture F B tous les arcs semblables à B D C entre les cercles A C, D E, & les arcs de cercle qui seront les transversales diviseront pareillement en dégrés les circonférences qui sont au bord de l'instrument. Il est à remarquer que la figure n'est divisée que de 5 en 5 dégrés, étant trop petite pour qu'elle pût être divisée de dégrés en dégrés.

On peut encore tracer les transversales courbes de cette autre maniére, sans transférer le piéd immobile du compas sur tous les dégrés l'un après l'autre: Tenez la pointe du compas immobile dans un seul & même point comme F; mais en ce cas il faudra faire avancer par dégrés l'instrument que vous voulez diviser autour du centre d'un grand cercle déja divisé par dégrés par le moyen d'une régle, laquelle lui sera fortement attachée & qui s'étend jusques sur la division du cercle.

Les Ouvriers adroits pourront abréger leur travail en ajustant une régle

d'acier mince suivant la courbure de la première transversale qu'ils auront tracée, & par ce moyen ils pourront tracer toutes les autres.

Si l'on veut tirer les transversales en lignes droites d'un dégré à l'autre, on peut trouver par le calcul de la Trigonométrie rectiligne la longueur des rayons de chacune des circonférences qui coupent les transversales, dont voici un exemple.

Je suppose un quart de cercle ayant six pouces de rayon qui est un des plus petits que l'on ait coutume de diviser par des transversales. Je suppose aussi une échelle de mille parties égales, & que la largeur du bord de ce quart de cercle entre la circonférence intériure & l'extérieure soit de 9 lignes, lesquelles correspondent à 125 des mêmes parties égales dont le rayon en contient mille ; je trouve par le calcul que la transversale droite tirée d'un dégré à l'autre qui suit est de 126 des mêmes parties, & que le rayon de la circonférence intérieure qui est de 5 pouces & de 3 lignes, en contient 875.

L'angle obtus fait de ce rayon & de la transversale est de 172 dégrés 2 minutes, & calculant ensuite la longueur de chaque rayon des circonférences qui coupent les transversales & qui les divisent de 10 en 10 minutes, je trouve que le rayon de 10 minutes contient 894 des mêmes parties, au lieu de 896 qu'il contiendroit, si l'on divisoit la largeur du bord du quart de cercle en 6 parties égales. Le rayon de 20 minutes en doit contenir 913, au lieu qu'il en auroit 947. Le rayon de 30 minutes en doit contenir 933 au lieu de 938. Le rayon de 10 minutes en doit contenir 954 au lieu de 959. Enfin le rayon de 50 minutes en doit contenir 977, au lieu de 980 qu'il auroit si l'on divisoit la largeur du bord de ce quart de cercle en six parties égales.

La plus grande erreur qui est de cinq parties répond à environ un tiers de ligne, ce qui pourroit causer une erreur de 2 minutes. Mais cette erreur diminue à proportion que le rayon du quart de cercle a de longueur comparé aux transversales, de sorte que l'erreur est moindre de moitié, si le rayon du quart de cercle étant d'un pied, la largeur du bord entre les deux circonférences extrêmes n'est que de 9 lignes.

Ce que nous venons de dire pour la division du quart de cercle se doit entendre de même pour les planchettes, le cercle, le demi-cercle & toutes portions de cercle que l'on veut diviser en minutes.

A l'égard du quarré géométrique, chaque côté se divise en cent parties égales en commençant par les extrémités, afin que le centiéme nombre finisse à l'angle de 45 dégrés. On distingue ces divisions par de petites lignes de 5 en 5 & par des chifres de 10 en 10. Toutes ces divisions étant prolongées de part & d'autre forment un petit treillis qui contient en sa surface dix mille petits quarrés égaux.

Ce quart de cercle est garni de deux pinules immobiles attachées à un de ses demi-diamétres, d'un fil avec son plomb suspendu au centre, & d'une alidade mobile avec deux autres pinules, laquelle est attachée au centre par le moyen d'un clou à tête tourné à peu près comme celui de la planchette. Les pinules sont presque de la même façon que celle de la figure B.

Au lieu des pinules immobiles on attache quelquefois à un des rayons du quart de cercle une lunette de longue vûe, & l'on cherche ensuite le premier

mier point de division de la circonférence en la maniére expliquée ci-après dans le Traité du Quart de cercle astronomique : car pour celui-ci, nous le destinons principalement à mesurer sur la terre les hauteurs & distances tant accessibles qu'inaccessibles.

A la surface inférieure de ce Quart de cercle on attache avec trois vis un genou, par le moyen duquel il peut être situé en toutes les positions convenables à ses différens usages. Ce genou est le même que celui marqué D.

Cet Instrument se met en usage en différentes situations ; car premiérement il peut être disposé en sorte que son plan fasse angles droits avec l'horison, afin de pouvoir observer les hauteurs & profondeurs ; ce qui se peut encore faire en deux maniéres différentes, sçavoir en se servant des pinules immobiles & du fil avec son plomb, & pour lors aucun de ses demi-diamétres ne se trouve paralléle au plan de l'horison ; ou bien en se servant des pinules attachées à l'alidade mobile ; & pour lors il faut toujours qu'un des demi-diamétres du Quart de cercle soit parallele à l'horison & que l'autre lui soit perpendiculaire ; ce qui se peut faire par le moyen du plomb suspendu au centre, au moyen dequoi les pinules immobiles sont inutiles.

Enfin ce Quart de cercle se peut placer de maniére que son plan soit à peu près paralléle à l'horison, pour observer les distances horisontales avec l'alidade mobile & les pinules immobiles, & pour lors le fil avec son plomb n'est pas d'usage.

Usage du Quart de cercle avec deux pinules immobiles & un plomb suspendu au centre.

PREMIÉREMENT PAR LES DÉGRÉS.

Pour observer les hauteurs, comme celle d'un Astre au ciel ou la hauteur d'une Tour, placez le Quart de cercle verticalement ; mettez l'œil sous la pinule immobile qui est vers la circonférence du Quart de cercle, & dirigez l'instrument de maniére que le rayon visuel passant par les ouvertures des deux pinules, tende au point de l'objet proposé ; à l'égard du soleil il suffit qu'un de ses rayons passe par les deux petits trous qui doivent être percés au bas des pinules.

L'arc de la circonférence compris entre le fil du plomb & le demi-diamétre où sont attachées les pinules marque le complément de la hauteur de l'Astre sur l'horison ou sa distance du zénith : l'arc compris entre le fil & l'autre demi-diamétre qui est vers l'objet, marque sa hauteur sur l'horison.

Ce même arc détermine aussi l'ouverture de l'angle fait par le rayon visuel & la ligne horisontale paralléle à la base de la Tour.

Mais pour observer des profondeurs comme celle d'un Fossé ou d'un Puits, il faut mettre l'œil au-dessus de la pinule qui est vers le centre du Quart du cercle.

Toute l'opération consiste à calculer des triangles par des Régles de Trois formées de la proportion des sinus des angles à leurs côtés opposés suivant les préceptes de la Trigonométrie rectiligne, dont voici les régles principales.

Regle générale & premiére. En tout triangle si l'on connoît un angle & deux côtés dont un soit opposé à l'angle connu, on connoît le reste du triangle. Ou bien en tout triangle si l'on connoît deux angles &

un côté opposé à un angle connu, on connoît encore le reste du triangle.

Observez que les analogies donnent toujours l'angle cherché aigu; lequel cependant doit être obtus, s'il est opposé au plus grand côté du triangle; & si d'ailleurs les deux autres angles n'en font pas ensemble un droit, alors l'angle aigu trouvé est le complément de l'obtus.

XIV. Planche Fig. 2. *Deuxième régle.* En tout triangle rectangle les deux côtés qui forment l'angle droit étant connus, on connoît les deux autres angles aigus du même triangle par cette analogie: Comme le côté B C de 47 pieds est au sinus total; ainsi le côté A C de 33 pieds & demi est à la tangente de l'angle B: le quatriéme terme étant cherché à la colonne des tangentes dans les Tables des sinus, il donnera l'angle B dont le complément sera l'angle A.

Troisiéme régle. Les deux côtés d'un triangle rectangle étant donnés, on en trouve l'hypoténuse par la première régle ci-dessus, parce que l'angle opposé à l'hypoténuse est connu, puisqu'il est supposé droit.

Quatrieme regle. En tout triangle rectangle l'hypoténuse étant donnée avec un autre côté, on trouve l'un des deux autres angles par la premiére régle ci-dessus, ou bien en ôtant du quarré de l'hypoténuse le quarré de l'autre côté donné; ensorte que la racine quarrée du restant donnera le troisiéme côté cherché.

Cinquiéme régle. Dans un triangle obliquangle deux côtés étant donnés avec l'angle qu'ils forment, on connoît les autres angles.

Sixiéme regle. Dans un triangle obliquangle deux côtés étans connus avec l'angle qu'ils comprennent ou qu'ils forment, on trouve tout le reste du triangle, c'est-à-dire, les deux autres angles, par la cinquiéme & précédente régle; & le troisiéme côté, par la premiére.

Septiéme régle. Dans un triangle obliquangle les trois côtés étant connus, on en connoît tous les angles en le réduisant en deux triangles rectangles par une perpendiculaire qu'on imagine tomber du sommet d'un angle sur son côté opposé. On choisit ordinairement le plus grand angle; & alors le côté qui lui est opposé sur lequel tombe la perpendiculaire, est aussi le plus grand côté du triangle. Mais nous nous servirons ici de la *Pratique de tracer une perpendiculaire &c.* suivant laquelle pratique il faut que

XI. Planche Fig. 7. dans le triangle obliquangle L K F l'angle L cherché devienne un des angles aigus du triangle rectangle L K, & que le point où tombera la perpendiculaire de K soit sur L F, comme par la susdite *pratique.* Ou autrement par cette analogie: Comme le côté L F (30 pieds) est à la somme des deux autres (70 pieds) ainsi la différence des deux mémes côtés (10 pieds) est à une 4me grandeur proportionnelle aux trois autres données, laquelle sera trouvée de 23 pieds & un tiers. On prendra ensuite la différence, 6 pieds deux tiers, entre cette 4me proportionnelle & le côté L F pris pour base, & la moitié de cette différence (qui est trois pieds & un tiers) sera le côté de l'autre triangle rectangle K F; & le point où finiront les 3 pieds & un tiers depuis F vers L, terminera le plus petit des deux triangles rectangles qui composent tout l'obliquangle, & 26 pieds deux tiers feront la base du grand triangle rectangle sous l'hypoténuse L K, depuis L jusqu'où la perpendiculaire coupe la ligne L F; cela étant fait on connoîtra les hypoténuses & les angles droits de chaque triangle rectangle;

ce qui suffit pour connoître par la premiere *Regle* ci-dessus les angles L & F, dont le complément est l'angle K.

Huitiéme régle. Les angles d'un triangle obliquangle étant connus, on en connoît l'espéce & la forme; mais on n'en sçauroit connoître les côtés.

USAGE PREMIER.

Soit proposée à connoître la hauteur de la Tour A B dont le pied est accessible. XII. Planche. Fig. 10.

Ayant planté le pied de votre instrument au point C, regardez le sommet de la Tour A par les deux pinules immobiles; & le fil du plomb suspendu librement s'arrêtera sur le nombre des dégrés & déterminera la valeur de l'angle qui se fait au centre du Quart de cercle par le rayon visuel & la ligne horisontale paralléle à la base de la Tour en comptant les dégrés compris entre le fil & le demi-diamétre qui est du côté de la Tour.

Supposé donc que ce fil soit arrêté sur 35 dégrés 35 min. & qu'ayant mesuré exactement avec la chaîne sur le terrein de niveau la distance du pied de la Tour jusqu'au lieu où s'est faite l'observation, on ait trouvé 47 pieds, on aura trois choses connues, sçavoir le côté mesuré B C & les angles du triangle A B C; car comme on suppose toujours les murs bâtis à plomb, l'angle B est droit ou de 90 dégrés, & par conséquent les deux angles aigus A & C valent ensemble 90 dégrés, puisque les trois angles de tout triangle rectiligne sont égaux à deux droits.

Or l'angle observé est de 35 dégrés 35 minutes. Donc l'angle A est de 54 dégrés 25 minutes, ensuite dequoi vous formerez cette analogie: Si le sinus de 54 dégrés 25 minutes donne 47 pieds, que donnera le sinus de 35 dégrés 35 minutes?

Le calcul étant fait, on trouvera 33 pieds & demi pour 4me terme de la Régle de trois, auquel nombre ajoûtant cinq pieds pour la hauteur du centre du Quart de cercle, (ce qui est ordinairement la hauteur de l'œil d'un homme qui observe au-dessus d'un terrein) on aura 38 pieds & demi pour la hauteur de la Tour proposée.

USAGE II.

Soit proposée à connoître la hauteur de la Tour inaccessible D E.

Il faut en ce cas faire deux observations, comme je vais l'expliquer.

Placez le pied de votre Quart de cercle au point F, & regardant le sommet de la Tour D par les deux pinules immobiles, remarquez sur quel dégré s'arrête le fil du plomb que je suppose être arrêté sur 34 dégrés; levez ensuite l'Instrument avec son pied, à la place duquel vous planterez un piquet; reculez-vous sur un terrein de niveau pour placer une seconde fois le pied de l'Instrument, comme au point G, en sorte que le piquet laissé au point F soit dans le même alignement que la Tour, & regardant par les deux pinules immobiles le sommet de ladite Tour D, remarquez le point de la circonférence du Quart de cercle marqué par le fil du plomb, lequel je suppose être de 20 dégrés; mesurez aussi très-exactement la distance entre les deux stations, laquelle je suppose de 9 toises ou 54 pieds.

Cela étant fait, vous connoîtrez tous les angles du triangle D F G &

de plus le côté mesuré F G ; & par ce moyen il sera facile de trouver le côté D F, ensuite le côté D E en faisant les analogies suivantes.

L'angle E F D étant trouvé de 34 dégrés, l'angle de suite D F G sera de 146 ; & l'angle G ayant été trouvé de 20 dégrés, il s'ensuit que l'angle F D G est de 14. C'est pourquoi vous direz : Si le sinus de 14 dégrés donne 54 pieds, que donnera le sinus de 20 dégrés ? Et le calcul étant fait, on trouvera 76 pieds & environ un tiers pour le côté D F. Après quoi il faut calculer le triangle rectangle D E F duquel on connoît deja tous les angles & l'hypotenuse D F. C'est pourquoi on dira : Si le sinus total donne 76 pieds & un tiers, que donnera le sinus de 34 dégrés ? Et le calcul étant fait, on trouvera 42 pieds deux tiers pour le côté D E, auquel ajoûtant cinq pieds pour la hauteur du centre du Quart de cercle au-dessus du terrein, on aura 47 pieds deux tiers pour la hauteur de la Tour proposée.

Ces calculs se font bien plus promptement par les Logarithmes que par les nombres ordinaires, puisque le tout se résout par addition & soustraction, comme il est expliqué plus amplement dans les Livres qui traitent de la Trigonométrie.

Ces propositions & toutes autres de même nature se peuvent aussi résoudre sans calcul, en faisant sur le papier des triangles semblables à ceux qui se forment sur le terrein.

Ainsi pour résoudre la présente question, faites une échelle de 10 toises ; Fig. 2. c'est-à-dire, tracez la ligne droite A B assez longue pour que la division en soit exacte ; divisez-la en 10 parties égales, & subdivisez une desdites parties en 6 pour avoir une toise divisée en pieds.

Fig. 3. Tirez ensuite la ligne indéterminée E G ; faites avec un Rapporteur au point G un angle de 20 dégrés & tirez la ligne indéterminée G D ; portez de G en F 9 toises ou 54 pieds pris sur votre échelle ; faites au point F un angle de 34 dégrés & tirez la ligne F D, laquelle coupera la ligne G D en un point, comme D, duquel vous abaisserez la perpendiculaire D E, qui représentera la hauteur de la Tour proposée ; & mesurant cette ligne D E sur l'échelle, vous trouverez qu'elle contient 47 pieds 8 pouces.

Tous les autres côtés de ces triangles se mesureront sur la même échelle.

USAGE III.

Connoître la largeur d'un puits ou d'un fossé dont on peut mesurer la profondeur.

Soit proposée à mesurer la largeur du fossé C D, dont on peut approcher.

Placez le Quart de cercle sur le bord au point A, en sorte que par les Fig. 4. ouvertures des pinules immobiles vous puissiez voir le fond du fossé au pied de l'autre bord D. Examinez quel angle est marqué par le fil du plomb que je suppose en cet exemple de 63 dégrés. Mesurez la profondeur A C, depuis le centre du Quart de cercle, laquelle je suppose de 25 pieds & perpendiculaire. Faites ensuite un petit triangle rectangle semblable dont un des angles aigus soit de 63 dégrés (dont par conséquent l'autre sera de 27) & que le plus petit côté soit de 25 parties égales prises sur une échelle ; mesurez enfin sur cette même échelle le côté C D du petit

triangle, & vous verrez qu'il sera d'environ 49 parties, ce qui fait juger que la largeur du fossé proposé est de 49 pieds.

Usage du Quarré géométrique.

LE Quart de cercle étant bien placé verticalement & les pinules dirigées vers le haut de la Tour proposée à mesurer, si le fil du plomb coupe le côté du quarré où est marqué *ombre droite*, la distance du pied de la Tour au point de station est moindre que sa hauteur; si le fil tombe le long de la diagonale du quarré, la distance est égale à la hauteur; mais si le fil coupe le côté du quarré où est marqué *ombre verse*, la distance de la Tour est plus grande que sa hauteur. Fig. G.

Ayant donc mesuré la distance du pied de la Tour au lieu où se fait l'observation, on en trouvera la hauteur par le moyen de la Régle de proportion dont ou aura trois termes connus, mais leur disposition n'est pas toujours la même; car lorsque le fil coupe le côté du Quarré où est marqué *ombre droite*, le premier terme de la Régle de trois doit être la partie dudit côté coupée par le fil; le second terme sera le nombre entier du côté du Quarré géométrique, & le troisiéme terme la distance mesurée.

Lorsque le fil coupe le côté du Quarré où est marqué *ombre verse*, le premier terme de la Régle de trois doit être le côté entier du Quarré géométrique; le second terme la partie du côté coupée par le fil; & le troisiéme la distance mesurée.

Supposons qu'ayant observé le haut d'une Tour, le fil du plomb ait coupé le côté d'*ombre droite* au point, par exemple, marqué 40, & que la distance mesurée soit de vingt toises, je dispose la Régle de proportion en la maniére suivante. [40. 100. 20.

Multipliant 20 par 100, & divisant le produit 2000 par 40, on trouvera pour quatriéme terme de cette régle, 50, qui signifie que la hauteur de la Tour est de 50 toises.

Mais si le fil du plomb a coupé le côté d'*ombre verse* comme au point marqué 60, & que la distance mesurée soit de 35 toises, disposez les trois premiers termes de la Régle de proportion en cette autre maniére. [100. 60. 35.

Multipliez 35 par 60, & le produit 2100 étant divisé par 100, le quotient 21 sera la hauteur de la Tour.

Usage du Treillis sans calcul.

TOutes ces opérations se peuvent résoudre sans calcul, comme nous allons le faire voir par quelques exemples.

USAGE PREMIER.

SUpposons, comme nous avons déja fait, que le fil du plomb coupe le côté d'*ombre droite* au point marqué 40, & que la distance mesurée soit de 20 toises; cherchez dans le Treillis celle des perpendiculaires au rayon qui soit de vingt parties depuis le fil; & cette perpendiculaire coupera le côté du Quarré qui aboutit au centre au point marqué 50; c'est pourquoi la hauteur de la Tour sera en ce cas de 50 toises.

On divise quelquefois l'alidade mobile en parties égales à celles du treillis, & par ce moyen on peut connoître la longueur de l'hypotenuse ou rayon visuel en rapportant l'alidade divisée à la place du fil.

USAGE II.

MAis si le fil coupoit le côté d'*ombre verse* au point marqué 60 & que la distance mesurée fût de 35 toises, comptez sur le rayon du Quart de cercle depuis le centre 35 parties; comptez aussi les divisions de la perpendiculaire depuis ce point 35 jusqu'au fil, & vous y trouverez 21 parties. C'est pourquoi en ce cas la hauteur de la Tour seroit de 21 toises.

Souvenez-vous qu'en tous les cas il faut ajoûter la hauteur du centre de l'Instrument au-dessus du terrein. Si cette hauteur est, par exemple, de cinq pieds, la hauteur de la Tour dans le dernier exemple sera de vingt-une toises cinq pieds.

USAGE III.

Connoître avec le Treillis une hauteur inaccessible.

POur cet effet il faut faire deux stations & mesurer la distance entre les deux stations; mais il y a trois cas à observer.

PREMIER CAS,

Où le côté d'ombre droite est coupé toutes les deux fois par le fil du plomb.

SUpposons qu'à la premiére observation le fil coupe le côté d'*ombre droite* en un point, par exemple, au point marqué 30, & que s'étant reculé de 20 toises en place bien de niveau au premier point, ce fil coupe le même côté d'*ombre droite* au point 70; marquez la position du fil en ces deux stations en traçant sur le treillis une ligne de crayon depuis le centre jusqu'audit point 30, & une autre jusqu'au point marqué 70; & cherchez entre ces deux lignes une portion de paralléle qui soit d'autant de parties que la distance mesurée contient de toises, c'est-à-dire, 20 en cet exemple; ladite parallele étant continuée conviendra au nombre 50 compté depuis le centre. C'est pourquoi la hauteur de la Tour observée sera de 50 toises. On connoîtra aussi par le même moyen que la distance du pied de la Tour jusqu'à la premiére station qui n'avoit pû être mesurée, est de 15 toises; parce qu'il y a 15 parties comprises sur la paralléle entre le nombre 50 & la ligne de crayon de la premiére station.

Au lieu de tirer des lignes de crayon, on pourroit se servir de deux fils tendus depuis le centre, dont l'un seroit celui où est attaché le plomb.



SECOND CAS.

Où le côté d'ombre verse est encore coupé toutes les deux fois par le fil du plomb.

SUpposons qu'en la premiére station le fil du plomb coupe le côté d'*ombre verse* au point marqué 80, & que s'étant reculé en place unie de 15 toises, le fil coupe le même côté d'*ombre verse* au point 50; marquez sur le treillis les deux différentes positions du fil par deux lignes de crayon ou autrement, & cherchez entre ces deux lignes une portion de paralléle qui contienne autant de parties que la distance mesurée contient de toises, comme en cet exemple, 15 parties à cause de 15 toises de distance supposée entre les deux stations; à ces 15 parties ajoûtez-en 25, qui font la continuation de la même paralléle jusqu'au côté du Quarré qui aboutit au centre, ce qui fait en tout 40 parties; c'est pourquoi la distance de la Tour jusqu'au point de la seconde station est de 40 toises. Pour avoir sa hauteur cherchez sur le côté du Quarré qui aboutit au centre, le nombre 40 qui est celui de sa distance, & comptez depuis ce nombre jusqu'à la premiére ligne de crayon les parties de la paralléle, qui en cet exemple se trouveront au nombre de vingt. C'est pourquoi la hauteur de ladite Tour est de vingt toises, en y ajoutant toujours, comme nous avons déja dit, la hauteur du centre du Quart de cercle pardessus le terrein.

TROISIE'ME CAS.

SI dans une des stations le fil tombe le long de la diagonale du Quarré, & que dans l'autre il coupe le côté d'*ombre droite*, il faut faire la même chose que si le côté d'ombre droite avoit été coupé toutes les deux fois par le fil du plomb.

Mais si le fil tombe le long de la diagonale à une des deux stations, & qu'il coupe le côté d'*ombre verse* en l'autre station; il faut faire comme si toutes les deux fois le côté d'ombre verse avoit été coupé par le fil.

La raison de tout ceci, est qu'il se fait toujours sur le treillis un petit triangle semblable au grand qui se fait sur la terre, quoique diversement posé. La ligne marquée par le fil du plomb représente toujours le rayon visuel; les deux autres côtés du petit triangle qui font angle droit représentent la hauteur de la Tour & sa distance; quand le fil du plomb coupe le côté d'ombre droite, la hauteur est représentée par les divisions du côté qui part du centre; mais quand le fil coupe le côté d'ombre verse, la distance est représentée par les divisions du côté du treillis qui part du centre, & la hauteur par la perpendiculaire qui convient au nombre de la division dudit côté.



USAGE IV.

Pour connoître une profondeur comme celle d'un puits ou d'un fossé.

IL en faut mesurer la largeur & voir le fond par les ouvertures des deux pinules immobiles, de sorte que d'une seule vûe on voye le bord intérieur d'en-haut qui est devers soi, & l'opposite d'un bas où touche l'eau. Alors le fil coupera la paralléle correspondante au nombre des pieds ou toises de la largeur du puits que l'on suppose avoir été mesurée; & le nombre de la perpendiculaire où aboutira cette parallele, déterminera la profondeur, dont il faudra soustraire la hauteur du centre de l'Instrument au-dessus du bord du puits.

On trouvera de même la largeur d'un fossé dont on pourra mesurer la profondeur.

Pour bien entendre tout ceci, il est bon d'avoir en main le Quarré géométrique avec son treillis.

Usage du quart de cercle en se servant de l'alidade mobile avec ses pinules pour mesurer les hauteurs & profondeurs.

PLacez le Quart de cercle de sorte que son plan fasse angle droit avec l'Horison, & qu'un de ses rayons ou demi-diamétres soit exactement paralléle audit Horison, ce qui sera lorsque le fil du plomb librement suspendu tombera le long de l'autre demi-diamétre.

En cette situation les deux pinules immobiles ne sont d'aucun usage; à moins que l'on ne voulût s'en servir pour observer la distance de deux étoiles, pour lors il faut incliner le Quart de cercle en dirigeant les pinules immobiles vers un astre, & les pinules mobiles vers l'autre; & l'arc compris entre deux donnera leur distance. D'où l'on peut conclure la diversité de leurs aspects.

S'il s'agit d'observer une hauteur, le centre de l'Instrument doit être au-dessus de l'œil; mais si l'on observe une profondeur, il faut que l'œil soit au-dessus du centre.

USAGE PREMIER.

Pour observer une hauteur comme celle d'une Tour dont le pied est accessible.

AYant placé le Quart de cercle de la maniére que nous venons de dire, tournez l'alidade de sorte que vous puissiez voir le sommet de la Tour par les ouvertures des pinules; & l'arc de la circonférence du Quart de cercle compris entre le demi-diamétre paralléle à l'Horison & la Ligne de foi de l'alidade marqueront l'ouverture de l'angle qui se fait au centre de l'Instrument. Si ensuite on mesure exactement la distance du pied de la Tour au lieu où est placé l'Instrument, on aura trois choses connues dans le triangle à mesurer, sçavoir la base & les deux angles faits à ses extrémités,

extrémités, dont l'un est toujours droit, puisqu'on suppose la Tour bâtie & dressée à plomb, & l'autre angle égal à celui que fait la ligne de foi de l'alidade avec le demi-diamétre parallèle à l'Horison ; le reste se trouvera par les régles de la Trigonométrie rectiligne, comme nous avons dit ci-devant ; ou bien sans calcul en traçant sur le papier des triangles semblables à ceux qui se font sur le terrein ; ou bien par le quarré géométrique en observant que dans cette position du quart de cercle le côté d'*ombre droite* doit toujours être paralléle à l'Horison, & le côté d'*ombre verse* lui doit être perpendiculaire.

USAGE II.

Pour connoître par le moyen du Treillis la hauteur d'une Tour soit accessible ou inaccessible.

En cette situation du quart de cercle il se forme toujours sur le Treillis des petits triangles semblables, dont les côtés homologues sont paralléles & semblablement posés à ceux des grands triangles qui se forment sur la terre ; ce qui rend les opérations plus simples & plus faciles que dans l'autre situation du quart de cercle, comme nous allons l'expliquer en faisant trois différentes suppositions selon les différens cas qui peuvent se rencontrer.

PREMIER CAS.

Supposons qu'ayant observé par les ouvertures des pinules de l'alidade vous voyiez que le haut d'une Tour dont le pied est accessible, la ligne de foi coupe le côté d'*ombre droite* au point, par exemple, marqué 40, & que la distance du pied de la Tour soit de 20 toises, cherchez entre les paralléles à l'Horison depuis celle qui passe par le centre jusqu'à l'alidade la paralléle qui est de vingt parties, à cause des vingt toises de distance supposée, & vous verrez qu'elle aboutit au nombre 50, du côté perpendiculaire du quarré compté depuis le centre ; d'où vous jugerez que la hauteur de cette Tour est de 50 toises au-dessus du centre du quart de cercle.

SECOND CAS.

Supposons que dans une autre observation l'alidade coupe le côté d'*ombre verse* au point marqué 60, & que la distance mesurée soit de 35 toises ; comptez depuis le centre du quart de cercle le long du côté paralléle à l'Horison 35 parties pour les 35 toises de distance, & de ce point comptant les parties de la perpendiculaire jusqu'à l'intersection de la ligne de foi, vous trouverez 21 ; ce qui doit faire juger que la hauteur de la Tour proposée à mesurer est de 21 toises.

TROISIE'ME CAS.

Supposons enfin que le pied de la Tour soit inaccessible & qu'il faille faire deux stations, comme nous avons dit ci-devant, on peut trou-

ver la hauteur ſans aucune diſtinction d'ombre droite ou verſe; car ayant meſuré la diſtance entre les deux ſtations & marqué ſur le Treillis deux lignes qui faſſent connoître la ſituation de l'alidade dans ces deux différentes poſitions, cherchez entre ces deux lignes une portion de paralléle à l'Horiſon qui ſoit d'autant de parties que la diſtance meſurée contient de toiſes: Si vous la continuez juſqu'au côté perpendiculaire du quarré géométrique qui part du centre, vous y trouverez un nombre qui exprimera la hauteur de la Tour, & la continuation de cette paralléle juſqu'à ce nombre vous fera connoître la diſtance juſqu'au pied de la Tour, laquelle n'avoit pû être meſurée.

Remarquez qu'en cette ſituation du quart de cercle les diſtances horiſontales ſont toujours repréſentées ſur le Treillis par des lignes paralléles à l'Horiſon, & que les élevations ou hauteurs y ſont toujours repréſentées par des lignes perpendiculaires ſur ledit Horiſon; ce qui rend, comme nous avons déja dit, les opérations plus faciles à connoître.

Il n'en eſt pas de même dans l'autre ſituation verticale du quart de cercle, où l'on ſe ſert des pinules immobiles; car ſi en obſervant la hauteur d'une Tour inacceſſible, le fil du plomb dans une des ſtations coupe le côté d'*ombre droite*, & dans l'autre ſtation, le côté d'*ombre verſe*: alors la diſtance entre les deux lignes de crayon, qui marquent les deux différentes poſitions du fil, traverſe les quarrés du Treillis par leurs diagonales leſquelles n'ont point de communes meſures avec les côtés, & ainſi on ne pourroit pas s'en ſervir pour trouver la hauteur de la Tour propoſée.

Uſage du Quart de cercle pour meſurer les diſtances horiſontales.

QUoique le Quart de cercle ne ſoit pas ſi propre à meſurer les diſtances horiſontales que le demi-cercle ou le cercle entier, à cauſe que l'on ne peut s'en ſervir à meſurer les angles obtus, nous ne laiſſerons pourtant pas d'en donner ici quelques uſages par rapport au quarré géométrique & au treillis que nous ſuppoſons tracé ſur le plan de cet inſtrument.

Placez ſur ſon pied la ſurface du quart de cercle horiſontalement de ſorte que ſa circonférence ſoit à peu près paralléle à l'Horiſon; car il n'eſt pas beſoin que ſon plan ſoit parfaitement de niveau, étant quelquefois néceſſaire de l'incliner pour appercevoir les objets par les ouvertures des pinules.

Mettez le pied de cet inſtrument dans la ligne que vous prétendez meſurer, & faites deux obſervations en la maniére ſuivante, où le plomb n'eſt plus d'uſage, mais où l'on ſe ſert de quatre pinules tant mobiles qu'immobiles.

Fig. 5. Suppoſons, par exemple, qu'il faille meſurer la diſtance perpendiculaire A B: plantez pluſieurs piquets dans la ligne A C D, & le quart de cercle au point A, en ſorte que les deux pinules immobiles ſoient dans la ligne A C, que le point B ſoit vû par les ouvertures des deux pinules de la régle mobile placée à angle droit avec la ligne A C; ôtez enſuite le quart de cercle & plantez un piquet au point A, meſurez depuis A vers C telle quantité qu'il vous plaira, comme 18 toiſes au bout deſquelles ayant placé l'inſtrument en ſorte que les deux pinules immobiles ſoient dans la ligne A C; enſuite tournez l'alidade mobile juſqu'à ce que vous

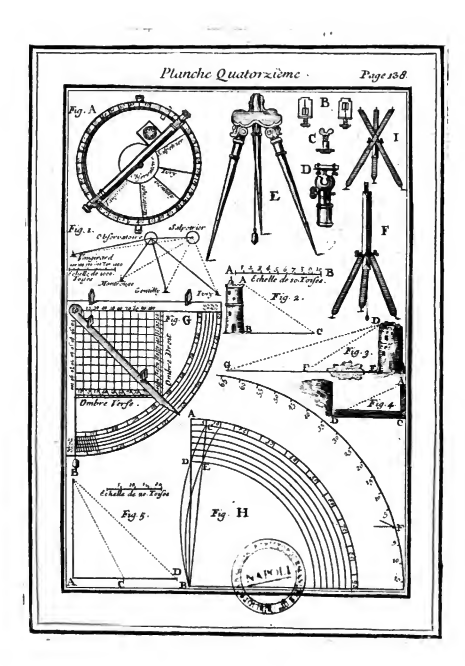
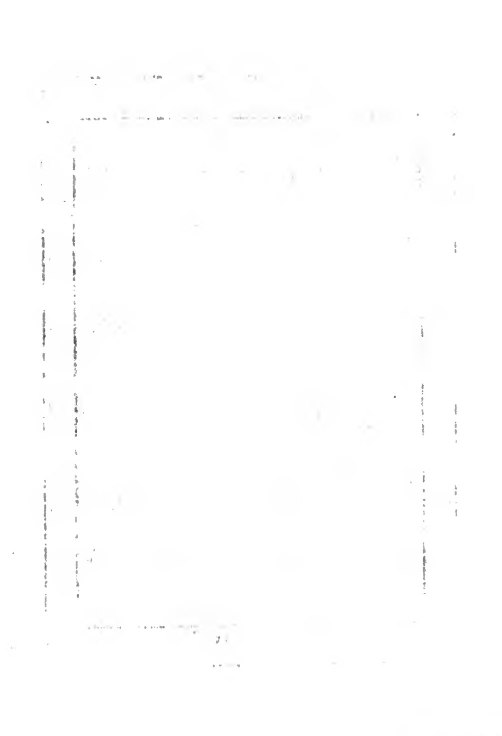


Fig. A
B
C
D
I
E
F
Fig. 1.
Observatoire
Salpetrier
Echelle de 1000 Toises
Montrouge
Gentilly
Ivry
A 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 B
Echelle de 10. Toises
Fig. 2.
Fig. G
Ombre Droit
Ombre Verse.
Fig. 3.
Fig. 4.
Echelle de 20. Toises
Fig. 5.
Fig. H



puissiez voir le point B par les ouvertures de ses deux pinules, & vous aurez sur le treillis un petit triangle tout semblable au grand qui se fait sur la terre ; c'est pourquoi cherchez entre les paralléles coupées par l'alidade celle qui a autant de parties que la distance mesurée a de toises, c'est-à-dire, 18 en cet exemple, & elle aboutira sur le demi-diamétre du quart de cercle à un nombre, lequel compté depuis le centre de l'instrument contient autant de parties qu'il y a de toises dans la ligne A B proposée à mesurer.

AUTREMENT. On pourra trouver encore la distance A B soit perpendiculaire ou non d'une autre maniére, sans s'assujettir à faire une station à angle droit au point A.

Supposons, par exemple, que la première station se fasse au point C ; & la seconde au point D ; tracez sur le treillis deux lignes droites avec du crayon ou autrement, qui marquent les deux différentes positions de l'alidade ; & ayant mesuré la distance du point C au point D, que je suppose ici de vingt toises, cherchez entre les deux lignes de crayon une portion de paralléle qui soit de vingt parties, & elle correspondra sur le demi-diamétre du quarré géométrique à un nombre, lequel compté depuis le centre contiendra autant de parties qu'il y a de toises sur la terre en ligne droite depuis A jusqu'en B.

On connoîtra aussi la longeur des distances C B & D B par les divisions de l'alidade ; car il se fait sur le treillis un petit triangle obliquangle semblable au grand C D B, qui se fait sur la terre.

CHAPITRE VI.

Construction & usages du Graphométre ou Demi-cercle.

ON fait cet instrument de laiton battu ou de cuivre fondu en fable ; suivant les modéles que l'on donne aux Fondeurs depuis sept pouces de diamétre jusqu'à quinze. La division se fait de la même maniére que celle de la planchette & du quart de cercle, comme nous l'avons expliqué ci-devant. Le plus simple de ces instrumens est celui marqué B. Aux extrémités de son diamétre & dans son petit trou quarré fait sur la ligne de foi on ajuste deux pinules immobiles, qu'on arrête avec un écrou au-dessous, & à son centre une régle mobile ou alidade garnie de deux autres pinules faites de la même maniére que celle dont nous avons parlé ci-devant & qu'on arrête avec une vis. Je fais ces deux derniéres pinules un peu plus hautes que les premiéres, afin que quand on prend un angle fort petit ou fort grand, & que la largeur des quatre pinules qui se rencontrent, empêche qu'on ne puisse voir le rayon visuel, alors on regarde par les fentes qui sont aux extrémités des pinules de l'alidade : par-là on connoît toute sorte de grandeur d'angles. On emboëte une Boussole au milieu de sa surface pour servir à orienter les Cartes & Plans. XV. Planche. Fig. A. & B.

Au-dessous du demi-cercle il y a un genou qui est attaché au centre, dont la virole entre autour d'un pied à trois branches, comme la figure C le montre. Fig. C.

Il est nécessaire de dire ici que ces instrumens doivent être d'abord bien dressés au marteau, puis dégrossis avec une lime rude, & ensuite adoucis avec une lime bâtarde & une douce. Quand ces instrumens ont été ainsi limés, il faut ensuite prendre garde si on ne les a pas gauchis en les limant. Auquel cas il faudroit les bien redresser à la régle sur une pierre ou un marbre bien droit, puis passer une pierre de ponce avec de l'eau pour ôter les traits de la lime. Pour bien polir les Demi-cercles, comme tout autre instrument, on se sert de pierre douce d'Allemagne, puis d'un charbon bien doux, en sorte qu'il ne raye pas l'ouvrage; ensuite pour le bien éclaircir on se sert de tripoli fin trempé dans l'huile, & passé fortement avec un morceau de castor ou de chamois.

XV. Planche. Fig. A. Le Demi-cercle à lunettes marqué A sert à prendre les distances fort éloignées : il a les dégrés de son limbe divisés en minutes par des lignes transversales droites ou courbes, comme il a été dit ci-devant en parlant du quart de cercle.

Il y a une lunette d'aproche attachée par dessous au long de son diamétre, dont les bouts marqués B excédent de part & d'autre. Dessus l'alidade de ce Demi-cercle est ajustée une autre lunette. Lorsque la ligne de foi coupe le milieu de l'alidade, il faut que la lunette qui y est attachée soit un peu plus courte, afin que l'on puisse voir les dégrés de la division coupés par la ligne de foi. Mais pour le mieux il est à propos que les deux lunettes soient égales en longueur; & pour lors il faut que la ligne de foi de l'alidade soit tracée du bout marqué C, & que passant par le centre du Demi-cercle, elle aille aboutir à l'extrémité opposée marquée D : on échancre les deux bouts de l'alidade de maniére qu'ils conviennent aux divisions des dégrés du limbe, comme on voit aux endroits marqués C F, G D, en sorte que la ligne C F E G D soit la ligne de foi du Demi-cercle.

Il est bon de remarquer que l'on ne commence pas à compter les dégrés de ce Demi-cercle depuis le diamétre, comme aux autres, mais à l'endroit où se trouve l'échancrure de la ligne de foi, quand les rayons visuels des deux lunettes étant l'une sur l'autre sont d'accord, & pour les faire convenir on avance ou recule le petit chassis qui porte les filets par le moyen des vis. La largeur depuis le centre des lunettes jusqu'aux échancrures de l'alidade est ordinairement de 5 dégrés, ce qui fait que la division avance d'autant de dégrés plus d'un côté que de l'autre, comme la figure le montre. On peut aussi placer les lunettes hors de la ligne de foi, c'est-à-dire, qu'on les peut mettre vers les bords de l'instrument & de l'alidade; mais il faut qu'elles soient bien ajustées au-dessus l'une de l'autre, paralléles à la ligne de foi, & que le rayon visuel de l'une réponde au rayon de l'autre, & alors on aura les angles aussi justes que si ces lunettes étoient sur la ligne de foi; on arrête lesdites lunettes par le moyen des vis à tête perdue dans l'épaisseur du cuivre.

Ces lunettes sont à deux ou à quatre verres, & elles ont toutes une soye très-fine tendue au foyer du verre objectif, pour servir de pinule.

Les lunettes à quatre verres font voir les objets dans leur véritable situation; mais celles à deux verres les renversent, en sorte que ce qui est à droite paroît à gauche, & ce qui est en haut paroît en bas; mais cela n'ôte pas la justesse de l'opération, parce qu'elles donnent toujours le point de direction.

Ces lunettes sont faites de tuyaux de cuivre soudés & tournés en forme cylindrique, comme on voit par la figure D, qui représente une lunette détachée. Le verre oculaire, qui est celui dont on approche l'œil pour regarder les objets, & qui au bout est marqué 1, se pose dans un autre petit tuyau qui à est part, & est aussi marqué 1, que l'on avance ou recule dans le tuyau de la lunette selon les différentes vûes. Ce petit tuyau porte aussi quelquefois au foyer du verre une soye très-fine : pour cela on prend de la soye crue, telle qu'on la tire des coques de vers à soye, & elle sert de pinule ; mais pour le mieux cette soye doit être attachée sur une petite piéce de cuivre, qu'on voit aussi à part, sur laquelle on a tracé bien juste un trait quarré marqué 2, sur lequel on pose ces soyes. On place cette piéce dans une rainure faite dans un petit chassis de cuivre soudé au tuyau de la lunette à l'endroit marqué 2. La petite vis marquée 5 est faite pour avancer ou reculer la petite piéce qui porte les soyes. Le verre objectif est placé à l'autre bout de la lunette du côté de l'objet que l'on veut voir. Il est aussi placé dans un petit tuyau marqué 3, qui entre à force dans le canal de la lunette, afin que ce verre ne change pas facilement de place quand la lunette est ajustée. Ces verres sont convéxes, ce qui rend leur milieu plus épais que leurs bords. Mais l'oculaire doit avoir plus de convéxité que l'objectif, afin que les objets paroissent plus grands qu'à la vûe simple.

On appelle foyer d'un verre convéxe l'endroit où les rayons (partant d'un objet lumineux ou coloré, lequel est dans une distance fort éloignée) viennent se réunir, après avoir passé au-delà du verre ; c'est pourquoi la peinture des objets qui sont opposés au verre se représente très-distinctement dans cet endroit. Par exemple, le point R, à l'extrémité du cône de la figure H est le foyer du verre S, à cause que c'est le point où les rayons qui entrent par le bout N du tuyau, viennent se réunir après avoir passé à travers du verre S.

Les lunettes les plus en usage sont celles à deux verres, qui sont placés de maniére que leurs foyers soient communs & se réunissent en un même point dans le tuyau de la lunette, & c'est en ce point unique que l'on place les filets ; si le foyer du verre objectif est 7 ou 8 fois plus éloigné que celui du verre oculaire, l'objet paroîtra 7 ou 8 fois plus grand que si les foyers de ces deux verres étoient égaux.

Le foyer antérieur du verre oculaire étant commun avec le foyer postérieur de l'objectif, les rayons colorés, qui après s'être rompus en tombant sur la surface du verre objectif, se sont réunis à son foyer, continuent leur chemin en s'écartant & rencontrant le verre oculaire, ils se rompent derechef en passant au travers, & se dirigent de telle sorte qu'en mettant l'œil derriere ce verre on apperçoit les objets, dont la peinture se fait au foyer ; car c'est l'objet qui renvoye son espéce à l'œil : ce qui se prouve encore très-manifestement par l'expérience suivante. On bouche entiérement le jour d'une chambre, & l'on fait un petit trou rond à un volet de fenêtre exposé à un lieu bien éclairé, on y applique un verre convéxe, & l'on met en dedans de ladite chambre un papier ou un linge blanc à l'opposite de ce verre, à la distance de son foyer ; alors on voit sur le papier une peinture très-nette & très-distincte des objets qui sont opposés au verre par dehors, mais dans une situation renversée : or cette

peinture se fait par le moyen des rayons de lumiére qui rejaillissent des objets. On trouvera le foyer d'un verre en approchant ou reculant le papier jusqu'à ce que l'on voye la peinture bien nette & bien déterminée.

Il y a une Boussole & un genou à ce Demi-cercle : & quand le tout est bien travaillé de la maniére sus-énoncée, c'est un instrument des plus parfaits & des plus curieux que l'on puisse voir.

De la construction & des usages du Rapporteur.

L'Instrument marqué C est un Rapporteur d'environ 8 ou 10 pouces de diamétre avec son alidade ou régle mobile. On le fait quelquefois aussi grand que les Graphométres dont on se sert en campagne, afin que l'on puisse marquer sur son bord les minutes, & qu'il serve à rapporter sur le papier les mémes angles en dégrés & minutes que ceux qui ont été observés en campagne.

Ce Rapporteur est évuidé & son alidade tourne autour d'un petit cercle aussi évuidé, au milieu duquel il y a une petite pointe qui marque le centre du Rapporteur. La division se fait de méme qu'un Demi-cercle, & par la méthode que nous avons marquée : on se sert aussi bien souvent du Rapporteur marqué à la planche 3, & expliqué au Chapitre III. du Livre premier.

USAGE PREMIER.

Fig. 1. POur lever le plan d'un champ proposé, comme A B C D E, faites planter un piquet bien à plomb à chaque angle de la figure, & mesurez exactement avec la toise un de ses longs côtés, comme A B, lequel je suppose de 50 toises 2 pieds : faites un mémorial en crayonnant sur le papier une figure à peu près semblable à celle du terrein ; mettez le Demi-cercle avec son pied à la place du piquet A, en sorte que bornayant par les fentes des pinules immobiles du diamétre, vous voyiez le piquet B. Ensuite le Demi-cercle demeurant ferme en cette situation, tournez l'alidade de maniére que par ses pinules vous puissiez voir le piquet C ; remarquez quel angle fait la ligne de foi de l'alidade avec le côté A B, & marquez sur votre mémorial le nombre des dégrés de l'angle B A C ; tournez ensuite l'alidade de sorte que par les pinules vous puissiez voir le piquet D, & marquez sur votre mémorial le nombre des dégrés que contient l'angle B A D ; tournez encore l'alidade de sorte que par les pinules on puisse voir le piquet E, & marquez le nombre des dégrés que contient l'angle B A E. Mais toutes les fois que vous bornayez chacun des piquets par les pinules de l'alidade, ayez soin de regarder si le piquet B est toujours bien dans l'alignement des pinules immobiles du Diamétre.

Ceci étant fait, levez le Demi-cercle avec son pied, & ayant replanté le piquet A, allez poser le Demi-cercle avec son pied à la place du piquet B, en sorte que bornayant par les ouvertures des pinules immobiles du diamétre, vous voyiez le piquet A ; & le Demi-cercle demeurant ferme en cette situation, tournez comme vous avez déja fait l'alidade mobile, en sorte que par ses pinules vous puissiez voir l'un après l'autre les piquets C, D, E, & marquez sur le mémorial la valeur de chaque angle A B C, A B D, A B E.

Enfin mettez au net la figure en traçant exactement avec un Demi-cercle ou Rapporteur tous les angles dont la valeur est marquée aux extrémités de la figure A B, d'où vous tirerez autant de lignes droites, & de leurs interfections d'autres lignes qui formeront le plan proposé. La longueur de tous les côtés qui n'ont pas été mesurés se pourra connoître par le moyen d'une échelle de parties égales, dont la ligne A B en contiendra 50 & un tiers, & l'on pourra trouver la surface de ce champ en mesurant chacun des triangles du plan ainsi réduit par les régles de la Planimétrie dont traitent quantité de Livres.

Remarquez qu'il est à propos de mesurer actuellement une des plus longues lignes du plan proposé, pour la faire servir de base commune & faire à chacune de ses extrémités toutes les observations nécessaires pour y former les angles des triangles qu'on est obligé d'y faire : car si l'on prenoit pour base commune de tous ces triangles une des plus courtes lignes, les angles qui se forment par les interfections des rayons visuels en bornayant les piquets deviendroient trop aigus & l'interfection trop incertaine.

On pourra orienter ce plan par le moyen de la Boussole, dont la ligne du Nord & du Sud se trace ordinairement paralléle au diamétre du Demi-cercle ; car comme la base commune de tous les triangles observés est paralléle à ce Diamétre, il n'y a qu'à remarquer l'angle qu'elle fait avec l'éguille aimantée, ce qui se connoîtra facilement en dirigeant la ligne de foi de l'alidade parallélement à ladite éguille. Ensuite de quoi on dessine sur le plan une petite Rosette des Rhombes des vents, où les principaux sont marqués par leurs noms & placés conformément à l'observation qui en a été faite sur le terrein.

USAGE II.

Sçavoir la distance du Clocher A à la Tour C que l'on suppose être inaccessible.

AYant choisi deux endroits aux environs, d'où l'on puisse voir le Clocher & la Tour, & mesurer leur distance pour servir de base, placez le Demi-cercle à l'un de ces lieux, comme en D & un piquet à l'autre, comme au point E, tournez-le de maniére que par les pinules fixes de son Diamétre, ou par la lunette vous découvriez le piquet E ; faites mouvoir l'alidade en sorte que par ses pinules vous puissiez voir le Clocher A, alors les dégrés du Demi-cercle compris entre le diamétre & l'alidade donneront l'ouverture de l'angle A D E, qui dans cet exemple est de 32 dégrés que vous marquerez sur le mémorial. Tournez encore l'alidade jusqu'à ce que vous puissiez voir la Tour C par ses pinules ou lunettes, en conservant toujours le Diamétre dans la ligne D E, alors les dégrés compris entre le diamétre & l'alidade donneront l'ouverture de l'angle C D E, qui sera de 123 dégrés, & que vous marquerez sur le mémorial. Vous ôterez ensuite le Demi-cercle de la station D, & vous y laisserez un piquet ; mesurez exactement la distance du piquet D au piquet E, que je suppose ici de 32 toises, que vous écrirez sur le mémorial ; posez le Demi-cercle à la place du piquet E, de sorte que les pinules fixes du diamétre ou bien Fig. 2.

la lunette, soient directement sur la ligne E D; & tournez l'alidade afin de voir par ses pinules la Tour C, alors les dégrés compris entre ce diamétre & l'alidade donneront l'ouverture de l'angle C E D, qui est en cet exemple de 26 dégrés. Tournez enfin l'alidade pour voir par ses pinules le Clocher A, & l'angle A E D sera de 125 dégrés, que vous chifrerez sur le mémorial; & par le moyen d'une échelle & d'un Rapporteur vous ferez une figure semblable pour connoitre la distance A C, proposée à mesurer.

Résoudre la même question par le calcul de la Trigonométrie.

PRemiérement on connoît par observation dans le triangle D A E, l'angle aigu A D E de 32 dégrés, & l'obtus D E A de 125 dégrés, d'où il suit que le troisiéme angle D A E est de 23 dégrés, puisque les trois angles de tout triangle rectiligne sont égaux à deux droits; & pour connoître le côté A E, vous ferez cette analogie: Le sinus de 23 dégrés (auquel répond dans les tables ce nombre 39073) est à 32 toises comme le sinus de 32 dégrés (auquel répond dans lesdites tables le nombre 52992) est à la ligne A E de 43 toises & un peu plus. On connoît de même par observation dans le triangle C D E l'angle aigu C E D de 26 dégrés, & l'obtus E D C de 123 dégrés, d'où il suit que le troisiéme angle D C E est de 31 dégrés; & pour connoître le côté C E, faites cette seconde analogie: Comme le sinus de 31 dégrés (51504) est à 32 toises; ainsi le sinus de 123 dégrés ou de son complement 57, qui est le même (83867) donnera 52 toises pour le côté C E.

Secondement pour connoître la distance C A, examinez le triangle C A E, duquel vous connoissez les deux côtés C E & A E, avec l'angle compris A E C de 99 dégrés, par conséquent les deux autres angles inconnus valent ensemble 81 dégrés: Et pour les connoître chacun en particulier, faites encore cette autre analogie: Comme la somme des deux côtés connus (95 toises) est à leur différence (9 toises) ainsi la tangente de 40 dégrés trente minutes (moitié des deux angles inconnus 85408) est à un quatriéme nombre 8091, qui est tangente de la moitié de la différence des deux angles inconnus. Ce quatriéme terme cherché dans la colonne des tangentes répond à 4 dégrés 37 minutes, qu'il faut ajoûter à ladite moitié 40 dégrés 30 minutes pour avoir le plus grand des deux angles aigus C A E 45 dégrés 7 minutes, & par conséquent le troisiéme angle A C E sera de 35 dégrés 53 minutes. Enfin pour avoir la longueur C A, dites: Comme le sinus de 35 dégrés 53 minutes (58613) est à 43 toises, ainsi le sinus 99 dégrés ou de son complement 81 dégrés (98768) est à la distance A C de 72 toises deux pieds.

USAGE III.

Fig. 3. POur avoir la hauteur de la Tour A B, du pied de laquelle on ne peut approcher à cause d'un ruisseau qui passe au bas de ladite Tour, cherchez un terrein à peu-près de niveau, propre à y faire deux stations, comme en cet exemple C & D; placez le demi-cercle verticalement au point D, de sorte que son diamétre soit parellèle à l'Horison, ce qui se fait par le moyen d'un fil avec son plomb que l'on accroche au haut d'une ligne perpendiculaire qui est tracée derriére le demi-cercle; tournez l'alidade afin de voir par ces pinules le sommet de la Tour B, examinez de combien

combien de dégrés est l'angle B D A, que nous supposons ici de 42 dégrés que vous marquerez sur le mémorial; puis l'ayant levé le demi-cercle & l'ayant placé à l'autre station C, mesurez la distance D C, que je suppose ici de 12 toises, & après avoir ajusté le demi-cercle de maniére que son diamétre soit paralléle à l'Horison, tournez l'alidade jusqu'à ce que vous voyiez le haut de la Tour B, remarquez l'angle B C D, pour l'écrire sur le mémorial, que nous supposons ici de 22 dégrés; faites ensuite une figure semblable par le moyen d'une échelle & d'un Rapporteur, & vous connoîtrez la hauteur A B, laquelle se peut aussi trouver par le calcul de la Trigonométrie en cette maniére.

L'angle B D A de 42 dégrés donne l'angle de suite B D C de 138 dégrés, & parce que l'angle C a été mesuré de 22 dégrés, le troisiéme angle du triangle C B D sera de 20 dégrés. Vous direz donc par une régle de proportion: Comme le sinus de 20 dégrés (34202) est à 12 toises, ainsi le sinus de 22 dégrés (37461) est à la ligne B D 13 toises 10 pouces: or cette ligne B D est l'hypotenuse du triangle rectangle B D A, dont tous les angles sont connus; c'est pourquoi vous direz par une seconde régle de trois: Comme le sinus total 10000 est à 13 toises 10 pouces, ainsi le sinus de 52 dégrés (66913) est à la hauteur A B huit toises & un peu moins de cinq pieds.

USAGE IV.

Pour lever la Carte d'un Pays.

CHoisissez premiérement deux endroits éminens & assez éloignés l'un de l'autre, d'où l'on puisse découvrir une grande étendue de païs, & qui puissent servir de base commune à plusieurs triangles qu'il faut observer pour faire la Carte du païs que vous vous proposez de lever; ensuite mesurez avec la chaîne la distance de ces endroits.

Ces deux distances étant supposées A & B, éloignées l'une de l'autre de 200 toises, placez horisontalement le plan du demi-cercle avec son pied au point A, en sorte que par les pinules immobiles du diamétre ou par la lunette vous découvriez le point B; l'instrument restant fermé en cette situation, tournez l'alidade pour découvrir les uns après les autres les objets remarquables, comme sont les Tours, Clochers, Moulins, Arbres & autres que vous souhaitez placer sur votre Carte; puis examinez quels angles ils font avec la base commune, & les marquez aussi-tôt sur votre mémorial avec les noms propres de chaque lieu bornayé par les pinules ou lunettes, (par exemple, l'angle BAI de 14 dégrés, BAG de 47, BAH de 53, BAF de 68, B A E de 83, B A D de 107, & enfin l'angle B A C de 130 dégrés;) ce qui étant fait & les angles étant marqués sur votre mémorial avec la distance A B des stations que nous avons supposées de 200 toises, posez ce demi-cercle au point B, pour y faire la seconde station. Fig. 4.

L'Instrument étant placé de maniére que son diamétre convienne avec la ligne BA, tournez l'alidade mobile & observez les angles que font les memes objets qui sont vûs du point A, par exemple l'angle B A C de 20 dégrés, A B F de 37, A B D de 44, A B E de 56, A B G de 83, A B H de 96, & l'angle A B I de 133 dégrés, que vous marquerez sur le mémorial, comme vous avez fait les autres.

Si quelqu'objet a été vû du point A, & que l'on ne puisse pas le voir du point B, il faut changer de base en choisissant un autre point d'où l'on puisse le découvrir ; car il est absolument nécessaire qu'un même objet soit vû de deux endroits différens ; puisqu'on ne peut avoir sa position que par le point d'intersection de deux lignes, dont chacune se tire des extrémités de la base, avec laquelle ils forment un triangle rectiligne.

Il est à propos de se souvenir que l'étendue de la base que l'on mesure doit être assez grande, à proportion des triangles ausquels elle doit servir, & de plus bien alignée & nivelée, car si l'on suivoit les inégalités du terrein haut & bas, on auroit des bases trop longues à proportion des angles & des rayons visuels qui se tirent en bornayant les objets.

Pour mettre cette Carte au net, réduisez tous ces triangles observés dans leur juste proportion, par le moyen d'une échelle & d'un Rapporteur, de la manière que nous avons dit ci-devant.

CHAPITRE VII.

Contenant la construction & les usages de la Boussole.

VI. Planche. Fig. E.

CEt Instrument se fait de cuivre, d'ivoire, de bois ou de toute autre matiére solide. Il s'en fait depuis deux pouces jusqu'à six de diamétre. Son milieu est fait en cercle comme une boëte ronde, au fond de laquelle on décrit une Rosette des vents & une circonférence divisée en 360 dégrés. Ce cercle est appliqué sur une plaque bien quarrée ; à son centre on place un petit pivot de cuivre ou d'acier bien pointu, qui sert à porter une aiguille d'acier aimantée, posée en équilibre, afin qu'elle puisse tourner librement ; & par dessous on met un verre taillé en rond que l'on fait tenir dans une petite rainure faite exprès autour du cercle, pour empêcher que l'agitation de l'air ne donne quelque mouvement à l'aiguille.

Un des bouts de l'aiguille aimantée, sçavoir celui qui a été froté du pôle méridional de la pierre d'aimant, se tourne toujours vers la partie septentrionale du monde, non pas à la vérité précisément, mais avec quelque déclinaison qui change de tems à autre.

Suivant les observations faites à l'Observatoire au mois d'Octobre 1750, l'aiguille aimantée déclinoit de 17 dégrés 10 minutes Nord-Ouest.

Les aiguilles sont faites de lames d'acier de la longueur du diamétre du cercle divisé, qui est au fond de la Boussole. On y soude au milieu une petite chape de cuivre, que l'on perce fort droit en forme de cône, & l'on donne un petit coup de pointeau au fond, afin que l'aiguille ait un mouvement bien libre sur son pivot. On les lime fort délicatement en leur donnant différentes figures ; les unes en dard par un bout, & par l'autre en fléche (ce sont ordinairement les grandes qu'on lime de cette façon). Quant aux moyennes & aux petites, on y fait un anneau vers l'extrémité pour distinguer le côté qui doit tourner vers le Nord, telles que les petites figures qui sont auprès de la Boussole le montrent ; mais il faut que ces aiguilles soient limées bien droit, & que les deux extrémités & le milieu de la chape soient dans la même ligne. Celles qui sont larges dans le milieu, & qui se terminent en pointe des deux côtés sont plus régulieres que les autres.

Pour aimanter les aiguilles il faut les faire paſſer ſur le pôle d'un bon aimant ou ſur ſon armure, de maniére que le bout qui doit tourner vers le Sud, touche le premier ſur la pierre, en coulant l'aiguille au long de l'aimant, & que le bout qui ſe dirige au Nord y paſſe le dernier. Il faut faire la même choſe trois ou quatre fois écartant la main en arc, afin que la vertu y reſte mieux imprimée.

J'ai obſervé avec attention ſi les différentes pierres d'aimant ne donnoient pas différentes déclinaiſons, en aimantant des aiguilles faites de la même matiére & de la même façon avec différentes bonnes pierres; mais j'ai toujours trouvé la même déclinaiſon. Je croi que les aiguilles qui ont été touchées par une pierre ont reçu de cette pierre une diſpoſition dans leurs pores, pour y laiſſer paſſer la matiére magnétique, qui circule autour de la terre ſuivant une certaine direction de la même maniére que les pierres d'aimant l'ont reçû dans le tems de leur formation. Ainſi ce ne ſeront pas les différens aimans, qui pourront donner une différente vertu aux aiguilles, leſquelles ne ſe dirigent que ſuivant le cours de la matiére magnétique, qui étant la même dans un même endroit de la terre, doit leur donner la même direction, mais peut-être bien le défaut de la conſtruction des aiguilles, ſoit qu'elles ne ſoient pas limées bien droit, ou par quelqu'autre défaut.

Cette admirable propriété de l'aimant & de l'aiguille aimantée, n'eſt connue en Europe que depuis environ l'an 1260.

C'eſt par ſon moyen que l'on a oſé entreprendre de grands voyages par Mer, & que l'on a découvert deux cens ans après des terres fort riches vers l'Orient, & d'autres vers l'Occident.

On peut auſſi par ſon moyen ſe conduire par terre dans un voyage, lorſqu'on ne trouve perſonne pour enſeigner le chemin, ayant une Carte Géographique; car pour cet effet il n'y a qu'à poſer le centre de la Bouſſole ſur le lieu du départ, faire convenir l'aiguille aimantée avec le Méridien de ce lieu, & remarquer que l'angle fait ce Méridien avec la ligne de route, c'eſt-à-dire, avec celle qui conduit au lieu où l'on veut aller. Ainſi les Pilotes & les Voyageurs connoiſſent par la Bouſſole la ſituation dans laquelle ils ſe trouvent à l'égard des pôles du Monde.

Elle eſt auſſi fort utile aux gens qui travaillent ſous terre dans les carrieres & dans les mines. Car ayant remarqué ſur terre le point où l'on veut aller, on poſe la Bouſſole à l'ouverture du trou, pour voir l'angle que fait la ligne de direction avec l'aiguille; & quand on eſt ſous terre on fait une tranchée qui fait le même angle avec la Bouſſole, & par ce moyen on arrive au lieu propoſé.

Il y a encore beaucoup d'autres uſages, dont nous allons expliquer les principaux.



USAGE PREMIER.

Pour trouver avec la Boussole la déclinaison d'un Mur.

XV. Planche. Fig. 1. IL faut se souvenir qu'il y a quatre points que l'on appelle cardinaux ; sçavoir, le Septentrion, le Midi, l'Orient & l'Occident, lesquels partagent l'Horison en quatre parties égales, comme il est marqué par la figure premiére.

Quand on a trouvé un de ces points, on a tous les autres ; car si vous avez, par exemple, le Septentrion devant les yeux, le Midi sera derriére vous, l'Orient à votre droite & l'Occident à votre gauche.

Un mur qui seroit élevé sur une ligne qui tend du Septentrion au Midi, seroit dans le plan du Méridien, de maniére qu'une de ses faces seroit tournée directement vers l'Orient, & l'autre vers l'Occident.

Un autre mur qui feroit angle droit avec ce premier, c'est-à-dire, qui seroit élevé sur la ligne qui tend d'Orient en Occident, seroit paralléle au premier vertical & ne déclineroit point ; une de ses faces seroit tournée directement au Midi, & l'autre au Septentrion.

Mais si l'on s'imagine un mur élevé sur la ligne D E, il sera dit décliner d'autant de dégrés qu'en contient l'arc F ; c'est pourquoi si cet arc est par exemple de 40 dégrés, la face de ce mur qui est tournée vers le Midi, décline du Midi vers l'Orient de 40 dégrés, & la face opposée du même mur décline du Septentrion à l'Occident de 40 dégrés, de sorte que la déclinaison d'un mur n'est autre chose que l'angle que fait ce mur avec le premier vertial.

Un autre mur qui seroit paralléle à la ligne G H, déclineroit d'autant de dégrés qu'en contient l'arc C ; c'est pourquoi si cet arc est de 30 dégrés, la face du mur qui regarde le Midi déclineroit de 30 dégrés du Midi à l'Occident, & la face opposée déclineroit pareillement de 30 dégrés du Septentrion à l'Orient.

Dans toutes les opérations qui se font avec la Boussole, il faut avoir grand soin d'éloigner toute sorte de fer & prendre bien garde qu'il n'y en ait de caché, car le fer change entiérement la direction de l'aiguille aimantée.

Je suppose que le pivot sur lequel est posée la chape de l'aiguille soit au centre du cercle divisé en 360 dégrés ou 4 fois 90, dont le premier dégré est dans la ligne qui tend du Septentrion au Midi, & que la Boussole soit quarrée, comme elle est ici représentée.

Appliquez le long du mur le côté de la Boussole où est la marque du Septentrion ; & le nombre de dégrés où s'arrêtera l'aiguille aimantée marquera la déclinaison du mur, & de quel côté. Si la pointe de l'aiguille qui marque le Septentrion, tend vers le mur, c'est une marque que ce mur peut être éclairé du Soleil à midi ; & si elle s'arrête sur le 30me dégré compté du Septentrion vers l'Orient, la déclinaison est d'autant de dégrés du Midi à l'Orient. Si elle s'arrête sur le 30me dégré compté du Septentrion vers l'Occident, la déclinaison est d'autant de dégrés du Midi à l'Occident.

Mais comme l'aiguille aimantée décline présentement à Paris d'environ 17 dégrés au Nord-Ouest, pour corriger ce défaut on doit les ajoûter au

nombre des dégrés marqués par l'aiguille, lorsque la déclinaison est vers l'Orienr; il faut au contraire les ôter lorsque la déclinaison est du côté de l'Occident

Ainsi supposant comme nous venons de faire, que l'aiguille soit arrêtée sur le 30me dégré vers l'Orienr, la déclinaison du mur sera de 47 dégrés du Midi vers l'Orient, mais si l'aiguille s'arrête vers l'Occidenr sur le 30me dégré, la déclinaison du mur sera de 13 dégrés du Midi vers l'Occident.

Que si la poinre de l'aiguille aimantée qui marque le Midi tend vers le mur, c'est une marque que le Midi est de l'autre côté du mur, & par conséquent que la face dont on veut rrouver la déclinaison ne sera point éclairée du Soleil à midi; c'est pourquoi sa déclinaison sera du Septentrion à l'Orienr ou à l'Occident, selon qu'il sera tourné vers l'une ou l'autre de ces parties du monde. Ceci sera plus amplement expliqué en parlant du Cadran Solaire.

USAGE II.

Pour mesurer un angle sur la terre avec la Boussole.

SOit l'angle DAE proposé à mesurer: Appliquez le long d'une des lignes qui forment l'angle, comme le long de la ligne AD, le côté de la Boussole où est la marque du Septentrion; faites ensorte que l'aiguille tourne librement sur son pivot, & quand elle sera arrêtée, observez quel nombre de dégrés répond à la pointe de l'aiguille qui indique le Septentrion; & s'il se trouve que ce nombre soit, par exemple, de 30 dégrés, la déclinaison de ladite ligne sera d'autant de dégrés; prenez ensuite de la même maniére la déclinaison de la ligne AE, que je suppose de 215 dégrés: ôtez le petit nombre 80 du plus grand 215, il restera 135, qu'il faut soustraire de 180; & ce dernier reste sera de 55 dégrés pour la valeur de l'angle proposé à mesurer. XV. Planche. Fig. 2.

Mais si la déclinaison de la ligne AD n'étoit, par exemple, que de 30 dégrés, & que celle de la ligne AE fût de 265, la différence de ces deux déclinaisons, qui est de 235, seroit trop grande pour être ôtée de 180; c'est pourquoi il faudroit ôter 180 du plus grand nombre 235, & le reste 55 sera la valeur de l'angle proposé.

Quand on mesure des angles avec la Boussole, il n'est pas nécessaire d'avoir égard à la variation de l'aiguille aimantée, puisque cette variation est toujours la même dans toutes les différentes positions de cette aiguille, pourvû toutefois qu'il n'y ait pas de fer qui la fasse dévoyer par quelqu'obstacle.

Lorsqu'on ne pourra par quelqu'obstacle poser la Boussole auprès du plan, il suffira de la placer bien parallélement, comme la figure le montre, & alors elle sera le même effet.

USAGE III.

Pour lever le plan d'une Forêt, d'un Marais ou d'un Chemin avec ses détours.

SOit proposé à lever le plan du Marais ou de l'Etang ABCDE, dans lequel on ne peut entrer. Pour ces sortes d'opérations il faut qu'il y ait sur la Boussole deux pinules immobiles attachées sur la ligne qui tend XV. Planche. Fig 1. à la fin de ladite Planche.

du Septentrion au Midi & un genou ou une virole dessus. Faites planter des piquets assez longs & bien à plomb, de manière qu'ils soient dans les lignes parallèles aux côtés qui font l'enceinte du Marais; placez la Boussole sur son pied dans une situation horisontale; bornayez deux de ces piquets par les fentes des pinules, & mettez toujours auprès de l'œil celle qui est sur la partie méridionale de la Boussole; puis ayant tracé sur du papier une figure qui représente à peu près le plan du marais, écrivez sur chaque ligne le nombre de dégrés que marquera l'aiguille lorsqu'elle sera arrêtée. Faites en même tems mesurer avec la toise la longueur exacte de chaque côté dudit marais, & marquez-en la valeur sur chaque ligne correspondante tracée sur votre mémorial. Lorsque vous aurez fait tout le tour du marais, les dégrés marqués par l'aiguille de la Boussole serviront à former les angles de la figure; & la longueur de chaque ligne déterminera tout le plan du marais proposé.

Supposons qu'ayant placé la Boussole le long d'un côté quelconque dudit marais, par exemple le long du côté A B, ou, ce qui est la même chose, le long d'une ligne parallèle à ce côté, & que mettant l'œil proche la pinule du Midi, on découvre deux piquets plantés dans ladite ligne, si l'aiguille s'arrête sur le 30me dégré vers l'Occident, j'écris ce nombre 30 dégrés le long de la ligne AB de mon mémorial, & en même tems la quantité de 50 toises qui ont été mesurées du point A au point B. Je transporte ensuite la Boussole avec son pied le long du côté B C ou dans l'alignement des piquets plantés parallèlement audit côté, en mettant toujours la pinule du Sud au Midi du côté de l'œil; & si l'aiguille s'arrête sur le 100me dégré, j'écris ce nombre sur la ligne B C, & en même tems la quantité de 70 toises qui ont été mesurées du point B C. Or en faisant ainsi tout le tour du marais, je marquerai sur chaque ligne correspondante le nombre des dégrés & des toises par le moyen desquels on mettra au net le plan proposé en la manière suivante, en me servant d'un Rapporteur ou Demi-cercle & d'une Régle divisée en parties égales ou bien d'un Compas de proportion.

Angles Observés. *Dégres.*	*Angles Soustraits.* *Dégrés.*
30	70
100	30
130	110
240	60
300	

Marquez tout de suite tous les angles observés avec la Boussole, & soustrayez-en le moindre du plus grand que vous marquerez entre deux, comme vous le montre la Table ci-à côté.

Commencez par tracer la ligne indéfinie A B sur laquelle vous porterez 50 parties égales de votre échelle, à cause des 50 toises mesurées sur le terrein; faites au point B avec un Rapporteur l'angle extérieur de 70 dégrés & tirez la ligne indéfinie B C, sur laquelle vous marquerez de B en C 70 toises, qui ont été mesurées sur le terrein: faites au point C l'angle extérieur de 30 dégrés, & tirez la ligne indéfinie C D, laquelle vous déterminerez de 65 toises de longueur conformément à la mesure qui en a été trouvée. Faites pareillement au point D l'angle extérieur de 110 dégrés, & tirez la ligne D C de 70 toises. Faites enfin au point E l'angle extérieur de 60 dégrés, & tirez la derniére ligne A E de 94 toises, & le plan sera achevé.

Ensuite il sera facile de l'orienter, puisque vous sçavez quel angle fait l'aiguille avec chaque côté du plan.

Remarquez que les angles soustraits vous donnent les angles extérieurs; & que leurs complémens sont les angles de la figure.

Remarquez aussi que tous les angles de la figure pris ensemble doivent faire deux fois autant d'angles droits moins quatre, qu'elle a de côtés. Ainsi ladite figure ayant cinq côtés, tous ses angles ajoûtés ensemble font 540 dégrés ou six fois 90, ce qui peut servir à prouver les opérations.

On peut aussi lever les sinuosités d'une riviére avec la Boussole : il est même plus à propos de se servir de cet Instrument que d'aucun autre. La Boussole sert encore à lever le plan d'un bois auquel cas elle est d'un bon usage; alors les opérations à faire sont à peu-près les mêmes que celles que nous venons d'expliquer.

Cette maniére de lever un plan paroît assez expéditive; mais il y a bien de la difficuté de faire avec la Boussole des opérations fort exactes, à cause du fer qui se peut trouver caché dans les lieux où l'on est obligé de la placer.

Nous faisons encore pour ces usages une sorte de Boussole qui est fort commode. La boëte est de bois de poirier ou de cormier bien sec, de cinq à six pouces en quarré & d'un pouce d'épaisseur : le dedans est tourné comme celle de cuivre; on y met une Rosette des vents dans le fond, & on y place à la hauteur requise un cercle de laiton qu'on divise en 360 dégrés. On y ajuste à l'un des côtés paralléles à la ligne Nord & Sud, une régle de bois ou de cuivre qu'on attache au milieu par le moyen d'une vis, afin de rendre cette régle mobile, & qu'elle hausse & baisse suivant que le terrein le demande. On ajuste aux extrémités de cette régle deux pinules fendues. Le reste de la Boussole est à l'ordinaire comme celle ci-devant, & les opérations s'y font plus commodément & plus sûrement, parce qu'il ne se trouve point de fer dans le bois, comme il peut s'en trouver dans le cuivre.

CHAPITRE VIII.

Usages des susdits Instrumens de Mathématique appliqués à la Fortification des Places.

LA Fortification est l'art de mettre un lieu en tel état, qu'un petit corps de troupes y puissent résister avantageusement à une armée considérable.

Les maximes qui servent de fondement à l'art de fortifier, consistent en certaines régles générales établies par les Ingénieurs & fondées sur la raison & l'expérience. Nous en parlerons ci-après.

L'Ingénieur principal ayant examiné l'étendue & la situation du lieu qu'il s'agit de fortifier, communique son dessein par un plan & un profil (comme il paroît par la *Planche 16*) à quoi il ajoûte ordinairement un devis, c'est-à-dire, un discours qui explique l'ordre & la qualité des matériaux qui doivent être employés par les Entrepreneurs; lesquels ayant fait XVI. *Planche*

fonder en plusieurs endroits du lieu proposé la nature du terrein, feront un marché de chaque toise d'ouvrage ; par le moyen duquel l'Ingénieur pourra voir à peu près la dépense de tout l'ouvrage, le nombre des ouvriers nécessaires pour l'exécution, & le tems qu'il conviendra d'y employer pour le rendre parfait.

Fig 1. Le plan d'une fortification est un dessein qui représente par le moyen de plusieurs lignes tracées horisontalement ou de niveau l'enceinte d'une Place.

Ce dessein contient plusieurs lignes paralléles entre elles ; mais le premier & principal trait, qui doit être marqué par une ligne plus apparente que les autres, répresente la principale enceinte du corps de la Place entre le rempart & le fossé : de sorte que par le plan & son échelle on connoît les longueurs & largeurs de tous les ouvrages qui composent ladite fortification.

Fig. 2. Le profil représente les principaux traits qui paroîtroient sur une surface plane : il doit couper verticalement & séparer par le milieu tous ces mêmes ouvrages. Pour le tracer on a coutume de se servir d'une plus grande échelle que celle du plan, afin d'y pouvoir mieux distinguer les largeurs, hauteurs & profondeurs desdits ouvrages.

Noms des principales Lignes & des principaux Angles qui forment le plan.

XVI. Planche. Fig. 1. LA ligne A B se nomme côté extérieur du Polygône.

L M côté intérieur du Polygône.

L G, demi-gorge du bastion, dont E G est le flanc, A E la face, & A L la capitale.

G H est la courtine, & A H la ligne de défense rasante.

La figure A L G E représente un demi-bastion.

L'angle A N B est l'angle du centre.

L'angle K A B, l'angle du Polygône.

L'angle I A E fait de deux faces, s'appelle angle flanqué ou angle de bastion.

L'angle A E G fait de la face & du flanc, se nomme l'angle de l'épaule.

L'angle E G H fait du flanc & de la courtine, se nomme l'angle du flanc.

L'angle E G B fait du flanc & de la ligne de défense rasante, se nomme l'angle flanquant intérieur.

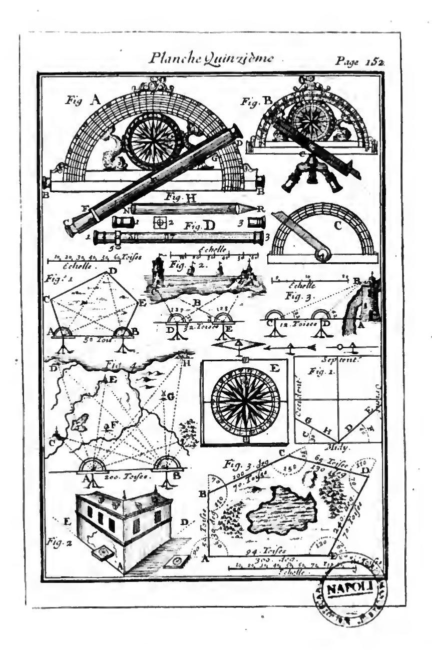
L'angle E D F fait par les deux rasantes qui s'entre-coupent vers le milieu de la courtine, s'appelle angle flanquant extérieur ou angle de tenaille.

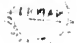
L'angle E H G fait de la courtine & de la ligne de défense rasante, s'appelle angle diminué. Cet angle est toujours égal à celui qui est fait de la face du bastion & de la base ou du côté extérieur.

Maximes fondamentales de la Fortification.

CEs principales maximes se peuvent réduire à six.

La premiére est, qu'il n'y ait aucun endroit dans le contour d'une Place qui ne soit flanqué ou défendu des flancs, parce que s'il y avoit quelqu'endroit autour de cette place qui ne fût pas vû & défendu par les assiégés, l'ennemi pourroit s'y mettre à couvert, & se rendre maître de la place en peu de tems.


Planche Quinzième
Page 152
Fig A
Fig. B
Fig. H
Fig. D
Echelle
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 1
50 Toises
12 Toises
Fig. 4
200. Toises
Fig. 1.
Septent.
Occident
Midy.
Fig. 3. deg
94 Toises
Fig. 2



Il résulte de cette maxime, 1°. que l'angle flanqué ou l'angle fait des deux faces du bastion trop aigu est défectueux, parce que sa pointe peut être facilement émoussée ou rompue par le canon des assiégans, & qu'ensuite le mineur y peut travailler en sureté, pour en aggrandir la bréche. C'est encore un pareil défaut d'arrondir la pointe des bastions par la meme raison.

La seconde maxime est que la force soit (autant qu'il est possible) également distribuée par tout, parce que s'il y a quelqu'endroit plus foible, ce sera par-là que l'ennemi attaquera. C'est pourquoi si par la nature du terrein un côté se trouve plus foible que les autres, il faut y ajoûter quelqu'ouvrage pour augmenter sa force en multipliant sa défense.

La troisiéme, c'est que les parties flanquées ne soient éloignées de celles qui les flanquent, que de la portée du mousquet; c'est pourquoi la ligne de défense ou la distance de la pointe du bastion aux flancs des bastions voisins ne doit guére excéder 125 toises, qui est la portée ordinaire des mousquets chargés à la hâte, comme sont ceux des soldats dans un siége.

La quatriéme maxime est que les flancs des Bastions soient assez grands pour contenir du moins trente Mousquetaires de front & quatre ou cinq piéces de canon montés sur leurs affuts, afin de bien défendre toute la face du Bastion, qui pourroit être attaquée par l'ennemi: & comme la principale défense se tire des flancs, il est plus à propos qu'ils soient perpendiculaires sur la ligne de défense que de toute autre situation. Cette méthode a été enseignée par Mr. le Comte de Pagan & suivie par les plus habiles Ingénieurs qui ont paru depuis, & particulierement par Mr. le Maréchal de Vauban, qui par ses signalés services a mérité l'estime de tous les gens de guerre & de tous les habiles Ingénieurs de son tems.

La cinquiéme maxime est que la Forteresse ne soit commandée par aucun endroit qui soit à la portée des armes à feu, qui sont le mousquet & le canon; car elle doit au contraire commander à tous les lieux d'alentour.

La sixiéme est que les ouvrages les plus proches du centre de la place soient plus élevés, & commandent à ceux qui en sont plus éloignés, afin que si l'ennemi vient à se rendre maître de quelque partie des Dehors ou de quelqu'ouvrage éloigné, il puisse en être repoussé par ceux qui défendent le corps de la Place.

Tracer sur le papier un Plan fortifié suivant la méthode du Comte de Pagan.

SOit proposé pour exemple un Exagône. Tracez premiérement la ligne A B de 180 toises pour côté extérieur dudit Exagône; sur le point du milieu C tirez à angles droits la ligne C D de 30 toises; tirez ensuite les lignes A D H, & B D G s'entre-coupantes au point D; prenez sur votre échelle 55 toises pour déterminer la longueur des faces A E, & B F; du point E tirez le flanc E G faisant angle droit au point G, à l'extrémité de la ligne de défense rasante B C, & pareillement l'autre flanc F H, à angle droit sur A H; tirez enfin la courtine G H, & vous aurez un côté dudit Exagône fortifié: les autres côtés se fortifieront de même. Autour de *XVI. Planche. Fig. 1.*

ce côté de polygône ainsi fortifié, vous tracerez un fossé ici représenté par les lignes A C, C B, paralléles aux faces des bastions, lesquelles se rencontrent vers le milieu de la courtine au point C; ce fossé doit avoir de largeur au moins 20 toises vis-à-vis la face & trois toises de profondeur. Les terres qui se tireront du fossé serviront à former le rampart avec son parapet & le glacis du chemin couvert, ayant soin de conserver les terres les plus fines pour le parapet du corps de la place & celui du chemin couvert; car si ces terres étoient pierreuses, les boulets de canon tirés par les Assiégeans contre ces parapets feroient sauter les pierres & accableroient les soldats qui défendent le corps de la Place: quand ces terres sont au contraire fines & bien épurées de pierres, le boulet ne fait que son trou & s'y enterre, pourvu toutefois qu'il y ait assez d'épaisseur pour l'amortir. L'expérience a fait connoître qu'il faut environ vingt pieds d'épaisseur de terre bien battue pour mettre un parapet à l'épreuve du canon.

Le Parapet se construit sur le rampart, il doit être large de quatre toises y compris la Banquette, & être tracé paralléle aux faces, flancs & courtines qui forment l'enceinte de la Place.

Quant au Rampart on lui donne 15 toises de largeur par sa base, & on le trace paralléle aux courtines seulement, afin que les bastions soient pleins & que l'on y trouve de la terre quand on aura besoin pour faire quelque retranchement.

Lorsqu'on laisse quelque bastion vuide, on y construit des soûterreins bien voûtés, à l'épreuve de la Bombe, que l'on recouvre de terre bien battue, & l'on tâche de faire en sorte que l'eau de la pluye n'en pénétre point les voûtes, afin que les provisions que l'on serrera dans ces soûterreins s'y puissent conserver en tout tems.

Le Chemin couvert se trace paralléle au dehors du fossé, large d'environ cinq toises. On y fait un parapet de six pieds de hauteur & une Banquette au pied dudit parapet de trois pieds de large & un pied & demi de haut, afin que les Soldats puissent tirer commodément leurs armes à feu par-dessus le parapet dont le dessus doit être en glacis, c'est-à-dire, ayant une pente douce qui ne se termine qu'à 20 ou 30 toises dans la campagne. Il faut faire ensorte qu'autour de ce glacis, qui doit environner toute la Place, & loin par-delà s'il se peut, il n'y ait aucun lieu creux, où l'ennemi se puisse mettre à couvert; c'est pourquoi quand un Ingénieur visite les fortifications d'une Place, il a grand soin d'en examiner les environs, pour faire combler tout ce qui se trouve de chemin creux, du moins à la portée du mousquet au-delà du Chemin couvert; & en même tems il fait raser tout ce qui s'y trouve de trop élevé, afin que ceux qui défendent la Place puissent découvrir tous les environs.

Tracer le profil d'une Place fortifiée.

Fig. 2. POur cet effet il faut premiérement construire une échelle de 20 ou 30 toises assez étendue, pour qu'une toise y soit d'une grandeur sensible.

Tirez ensuite la ligne indéfinie O N, représentant le niveau de la campagne, prenez sur votre échelle 15 toises, que vous porterez de O en Q, pour marquer la base du Rampart; portez de G en R 20 toises pour la largeur du fossé vis-à-vis une des faces du Bastion; car il est plus

large vis-à-vis la courtine ; portez 5 toises de R en P pour la largeur du chemin couvert; & enfin 20 ou 30 toises de P en N , pour la base du glacis; les plus longs glacis sont les meilleurs.

Après avoir déterminé les largeurs ou épaisseurs, il faut marquer les élevations au-dessus du niveau de la campagne & les enfoncemens au-dessous du même niveau , comme nous allons faire.

Prenez trois toises sur ladite échelle, élevez sur les points O & G des perpendiculaires de cette hauteur , pour élever au-dessus du niveau le Terre-plein du Rampart, dont O S est le talus intérieur ou la rampe pour monter de la Ville sur le Terre-plein du Rempart S T , qui a six ou sept toises de large, pour conduire & voiturer commodément les canons sur leurs affuts & toutes les munitions nécessaires pour la défense de la Place. La rampe ou montée du Rampart doit être fort aisée vis-à-vis la gorge des bastions , de sorte que les chariots puissent y monter & en descendre facilement.

Aux terres nouvellement remuées on fait la base du talus O Z égale à la hauteur des terres, de sorte que si la hauteur a trois toises, la base du talus a aussi trois toises ; c'est ce que l'on fait tout le long des courtines au talus intérieur du Rampart.

Mais à l'entrée des bastions il faut du moins doubler la base du talus ; c'est-à-dire, que pour une hauteur de trois toises, il faut faire la base du talus au moins de six ou huit toises , pour qu'un chariot y puisse monter.

Lorsque le Rampart est formé & que les terres en sont suffisamment rassises (ce qui ne se peut faire qu'avec le tems & la précaution de les bien battre de deux pieds en deux pieds de hauteur, afin que les terres se puissent lier ensemble)on y étend d'espace en espace un lit de fascines ; on construit sur les terres du Rampart un Parapet, auquel on donne six pieds de hauteur intérieure & quatre pieds de hauteur extérieure , afin que le dessus des terres ait une pente douce, qui serve à découvrir tout ce qui est au-delà du fossé , & qu'étant monté sur la Banquette on puisse voir le chemin couvert & le défendre en cas d'attaque.

La base du Parapet X Y doit avoir environ quatre toises de largeur, afin que le haut diminué de ses deux talus ait encore au moins vingt pieds de large. Au bas du talus intérieur du Parapet on fait une Banquette de trois pieds de largeur & un demi de haut, afin que le Parapet ait quatre pieds & demi de hauteur au-dessus de la Banquette , ce qui suffit pour que les soldats puissent tirer commodément leurs armes à feu par-dessus le parapet.

Il faut avoir grand soin de battre les terres du parapet de pied en pied de hauteur avec des lits de fascine ; & afin de ne pas donner un si grand talus aux terres du parapet, on a coutume de le revêtir de bons gazons de terre grasse, que l'on coupe avec une bêche de Jardinier tous égaux sur la surperficie d'un pré choisi aux environs de la place ; leur longueur est d'environ 15 pouces sur 10 de large. Pour placer les gazons il faut asseoir le premier lit bien de niveau tout le long d'une étendue de plusieurs toises, & poser ceux du second en sorte que tous les joints du premier soient recouverts des gazons qui sont le second lit, & les joints du second pareillement recouverts des gazons du troisiéme lit, & ainsi des autres, afin que le tout fasse bonne liaison.

Il suffira de donner à l'intérieur du Parapet deux pouces de talus par pied de hauteur, & au talus extérieur dudit Parapet environ quatre pouces par pied. Il faut un Jardinier adroit pour conduire cette sorte d'ouvrage, c'est-à-dire, pour couper les gazons & les placer comme il convient.

Au bas ou pied du talus extérieur du Parapet & du Rampart on laisse une petite Berme marquée Q, d'environ quatre pieds de large : elle sert à retenir les terres qui peuvent se détacher du talus.

La pente Q B représente le talus intérieur des terres du fossé qui a trois toises de profondeur, B K en est le talus extérieur. Si ces terres sont mouvantes il faut leur donner assez de pente pour qu'elles restent sans s'ébouler ou retomber dans le fossé. Mais si elles sont fermes & qu'elles puissent facilement rester sans retomber, on leur donne moins de talus. La ligne R P représente le Terre-plein du Chemin couvert, qui doit avoir cinq toises de largeur. P A représente le Parapet du chemin couvert, avec sa Banquette au pied : le tout doit avoir six pieds de hauteur, pour mettre à couvert ceux qui sont sur le chemin couvert.

La pente supérieure du glacis A N doit être de terre douce dont on ôte les pierres, s'il y en a, avec un rateau de fer, & on les enterre au pied du glacis, afin que quand l'ennemi fera tirer le canon sur ledit glacis, les boulets s'y enfoncent sans faire rejaillir les éclats de pierre dans le Chemin couvert.

Tracer le Plan d'une Fortification sur la terre.

XVI. Planche. Fig. 1. SOit proposé le plan de la figure premiere à tracer sur la terre.

Au lieu de compas & de régle il faut employer les piquets, la toise & les cordeaux. C'est pourquoi après avoir bien examiné le terrein & consideré où l'on doit placer les Bastions & les portes qui se font pour l'ordinaire au milieu des courtines, il faut premiérement planter de longs piquets aux endroits où l'on prétend placer les angles flanqués des Bastions, & il est à propos d'y faire toute l'attention nécessaire, avant que de commencer.

Ayant donc planté perpendiculairement un long piquet sur le terrein, à l'endroit où l'on a résolu de placer la pointe du Bastion marquée A, on fera mesurer bien exactement avec une toise ou avec une chaine de cinq toises jusqu'à 90 toises, au bout desquelles on plantera un piquet marqué C, & l'on continuera vers le lieu où l'on prétend placer la pointe du Bastion B, en mesurant encore 90 toises au bout desquelles on plantera un autre piquet, qui marquera le point du Bastion B.

Pendant que l'on mesurera avec les chaînes ou cordeaux il faut faire suivre quelqu'ouvrier avec un pic à la main, qui fasse sur le terrein une trace ou un sillon continué de piquet en piquet, avant qu'on leve les cordeaux. Après quoi il faudra retourner au piquet C, pour y faire une perpendiculaire sur la trace A C B. Mais pour tracer ladite perpendiculaire mesurez avec la toise de C en A deux ou trois toises, & au bout plantez-y un piquet : mesurez pareillement de C vers B un nombre égal de toises, au bout desquelles vous planterez un second piquet : ayez deux cordeaux bien égaux, qui ayent chacun un nœud à un de leurs bouts; faites entrer un de ces nœuds autour de chacun des piquets que vous venez de planter;

& tenant à votre main les deux autres bouts des cordeaux égaux étendez-les jusqu'à ce qu'ils se joignent sur le terrein ; plantez ensuite au point de leur jonction un troisiéme piquet ; enfin mettez un cordeau au piquet C, & le prolongez tant qu'il sera besoin, le faisant passer par ce troisiéme piquet ; après quoi faites tracer un sillon le long du cordeau, & il sera perpendiculaire sur la ligne A C B.

Du point C faites mesurer 30 toises le long de ce sillon, & au bout de ces 30 toises plantez-y un long piquet bien à plomb, qui marquera le point D de votre plan. Retournez au piquet A, d'où étant bien aligné au piquet D faites tracer un sillon le long de cet alignement, vous servant pour cet effet d'un piquet que vous ferez mettre à plomb entre A & D devant les yeux de l'ouvrier qui trace le sillon ; faites mesurer le long dudit sillon cinquante-cinq toises du piquet A allant vers D, pour la longueur de la face du bastion A E ; & faites planter un long piquet au point E pour y marquer l'angle de l'épaule.

Allez ensuite au piquet B, faites-y les mêmes opérations pour tracer la face B F, & plantez un piquet à l'angle de l'épaule F.

Prolongez l'alignement B F, de D allant vers G ; de même que l'alignement A E de D vers H ; mesurez avec l'échelle du plan les lignes D G, D H, portez sur le terrein leurs justes longueurs de D en G & en H, où vous planterez des piquets : après quoi il sera facile de tracer sur la terre les flancs E G, F H & la courtine G H.

Vous aurez par ce moyen un front de place fortifiée, ledit front tracé sur le terrein ; les autres se traceront de même avec les piquets & cordeaux. Il ne sera pas hors de propos d'examiner avec un Demi-cercle ou un Récipiangle si les angles du plan tracé sont égaux à ceux du plan destiné, & de le rectifier avant que d'y mettre les Ouvriers. Il faut aussi de tems en tems prendre garde si les traces sont suivies exactement ; car sans ces précautions, il s'y pourroit faire beaucoup de difformités, qu'il seroit très-difficile de corriger.

De la construction des Dehors.

LEs Dehors en terme de fortification sont des ouvrages élevés que l'on construit au-delà du fossé d'une place fortifiée, pour la couvrir & en augmenter la défense. Fig. P.

Les plus ordinaires & les plus communs entre ces sortes d'ouvrages sont les Ravelins ou Demi-lunes qui se forment sur l'angle flanquant de la Contrescarpe entre deux Bastions & devant la Courtine, pour couvrir les Portes & les Ponts qui se font ordinairement au milieu des Courtines, comme les figures P P le montrent.

Les Ravelins sont composés de deux faces garnies d'une ou deux Banquettes ou d'un bon Parapet élevé du côté de la campagne & de deux Demi-gorges sans parapet du côté de la ville, avec une ouverture & un talus pour monter du grand fossé sur le Terre-plein du Ravelin.

On bâtit à chaque Ravelin un Corps-de-garde pour mettre à l'abri des injures du tems les soldats nécessaires pour le garder & le défendre ; mais il est à propos que ce Corps-de-garde soit en forme de réduit avec des crenaux tout autour, pour que les soldats en cas d'assaut s'y puissent retirer & obtenir quelque capitulation, avant que de rendre les armes.

Pour tracer un Ravelin devant une Courtine ouvrez le compas de la grandeur du côté intérieur du polygône ; arretez une des pointes du compas ainsi ouvert sur une des extrémités de ladite ligne, & de l'autre pointe décrivez un arc au-delà de la Contrescarpe ; arrêtez de même une pointe du compas sur l'autre extrémité du côté intérieur, & de l'autre pointe tracez un second arc, coupant le premier en un point qui marquera la pointe ou l'angle flanqué du Ravelin ; mettez une régle sur ce point d'interfection & sur chacune des extrémités dudit côté intérieur, pour tracer les faces du Ravelin, qui se termineront à droite & à gauche sur le bord de la Contrescarpe. Les deux Demi-gorges se tireront de l'extrémité de chaque face, jusqu'à l'angle rentrant de ladite Contrescarpe.

Mais pour que l'angle flanqué du Ravelin ne soit pas trop aigu ne donnez qu'environ quarante toises à sa capitale R S, & faites le reste comme nous venons de dire.

On place quelquefois un semblable ouvrage devant la pointe d'un Bastion ; & comme sa gorge est bâtie sur le bord de la Contrescarpe que l'on arrondit ordinairement vis-à-vis la pointe des Bastions, on donne à cet ouvrage le nom de Demi-lune, parce que sa gorge est en forme d'arc : on confond souvent l'un avec l'autre, & la plûpart des soldats donnent sans distinction le nom de Demi-lune aux Ravelins qui se font devant les Courtines.

C'est un défaut lorsque cet ouvrage est trop éloigné des flancs des Bastions, pour en être suffisamment défendu ; c'est pourquoi on ne fait point de Demi-lune devant la pointe d'un Bastion, à moins que l'on ne fasse en même tems d'autres Dehors à droite & à gauche devant les Courtines voisines, qui la puissent défendre.

Il est à propos que ces ouvrages soient revêtus de murailles, aussi-bien que le corps de la place ; car quand ils n'en sont pas revêtus, on est obligé de donner un si grand talus aux terres, qu'il est facile de monter dans l'ouvrage par son talus ; mais on le revêt d'une muraille élevée jusqu'au niveau de la campagne ; ce qu'on appelle demi-revêtement. (Voyez la petite Figure au bas de la Planche X V I.)

Cependant il faut laisser rasseoir du moins un an ou deux les terres nouvellement remuées, avant que de les revêtir, afin qu'elles s'affaissent peu à peu, & que dans la suite elles ne renversent pas les murailles qui leur servent de revetement.

Construction des Ouvrages à corne.

XVI. Planche. Fig. 3.

Cette sorte d'Ouvrage se fait ordinairement devant les Courtines, & comme il est de plus grande dépense que les Ravelins, il ne se fait pas sans nécessité, soit pour couvrir quelqu'endroit de la place plus foible que les autres, soit pour occuper une hauteur qu'on n'a pû renfermer dans le corps de la place.

Pour le tracer tirez premiérement sur le milieu de la Courtine la perpendiculaire 1 2, longue à discrétion ; & à cette ligne deux paralléles sur les angles des épaules des Bastions voisins de la Courtine 3, 4, 5, 6. Ces deux paralléles que l'on appelle les aîles de l'Ouvrage à corne doivent tirer leurs défenses des faces de ces Bastions ; c'est pourquoi leur longueur ne doit guére passer 120 toises, à compter des épaules. Par les extrémités des ailes tirez la ligne 4 6 (qui sera le côté extérieur de l'Ouvrage à

corne) & qui se trouvera divisée en deux parties égales au point 7, par la perpendiculaire 1, 2 : prenez avec un compas la moitié dudit côté extérieur, & la portez sur les longs côtés 5 de 4 en 8, & de 6 en 9; tirez ensuite les lignes 4 9, & 6 8, qui se croisant au point 10, forment l'angle de tenaille; ce qui représente un Ouvrage, que l'on appelle *Tenaille simple*, qui se place assez ordinairement devant les Courtines avec un petit Ravelin au-delà du fossé entre les deux angles saillans & vis-à-vis le milieu de l'angle rentrant ou de tenaille.

Mais pour renforcer cet Ouvrage on y ajoûte deux Demi-bastions & une Courtine entre deux; ce qui vaut mieux que deux simples angles rentrans.

Pour tracer les Demi-bastions divisez la ligne 4 10 en deux parties égales au point 11; & de même la ligne 10 6, au point 12; des points 11 & 12 tirez jusqu'au milieu de la Courtine de la Place, où est le point 1, les lignes occultes 12 1, 11 1, & par ce moyen vous aurez la petite Courtine 13 14 de l'Ouvrage à corne, les deux flancs 11 13, 12 14, & les deux faces 11 4, 12 6.

Les côtés de ces Ouvrages qui sont tournés du côté de la campagne, comme sont les Demi-bastions, la Courtine & les aîles de l'Ouvrage à corne doivent être munis d'un bon Parapet de terre douce bien battue de 18 à 20 pieds d'épaisseur & de 6 pieds de hauteur par devant, y compris la Banquette, de même que celui du corps de la place, en observant toutefois que les Parapets des ouvrages les plus proches du centre de la place doivent toujours etre plus élevés au-dessus du niveau de la campagne, que ceux des ouvrages plus éloignés, afin que quand les assiégeans se seront emparés de quelque Dehors, les assiégés qui défendent le corps de la place les voyant tout à découvert, puissent les empêcher d'y rester & de s'y loger.

Ces Parapets doivent être soutenus d'un Rampart, dont le Terre-plein qui porte la Banquette ait 3 ou 4 toises de largeur; mais quand la terre manque, on se contente de construire plusieurs Banquettes l'une sur l'autre de 18 pouces de haut & de 3 ou 4 pieds de large; & au-dessus de la plus haute Banquette le Parapet doit avoir environ quatre pieds & demi de hauteur, pour couvrir les soldats jusqu'aux épaules; le dessus du Parapet doit être en glacis, qui baisse peu à peu vers la campagne, afin que les assiégés puissent voir l'ennemi & tirer dessus sans être vûs.

Les parties de ces ouvrages, qui sont du côté de la place, doivent être sans Parapet, mais seulement fermés d'un simple mur ou d'une rangée de palissades, pour éviter les surprises de l'ennemi; & c'est de ce côté-là que doit être la Porte pour communiquer du corps de la place dans l'ouvrage, & le corps-de-garde pour mettre à couvert les soldats destinés pour la défense.

Tous ces Ouvrages doivent être environnés d'un fossé large de dix à douze toises, lequel communique avec le fossé du corps de la place, & soit aussi profond.

Au-delà du fossé on fait un Chemin couvert large de cinq à six toises avec un Parapet & sa Banquette que l'on garnit ordinairement d'une enceinte de fortes palissades enfoncées dans la terre à trois ou quatre pieds de profondeur. Le dessus de ce Parapet qui va en glacis se doit terminer à la campagne; & si l'on peut le prolonger de vingt ou trente toises, il n'en sera que mieux : car un glacis ne peut pas être trop long, puisque par son moyen l'ennemi ne peut approcher de la place, qu'il ne soit entierement découvert.

Méthode pour fortifier les Places par M. le Marechal de Vauban.

QUoique cette maniére de fortifier ne différe guére de celle du Comte de Pagan, cependant nous en dirons ici quelque chose en abrégé, pour faire connoître la différence de celle-ci d'avec l'autre.

L'expérience a fait connoître que le flanc formé par la corde d'un ségment, qui a pour centre l'épaule du Bastion opposé, est le meilleur de tous; les coups que l'on en tire sont droits, le service du canon en est facile, & le mousquetaire n'est point géné. C'est ce que M^r^. de Vauban a suivi dans les Places qu'il a fait fortifier. Dans le flanc on fait un concave qui est tellement couvert par l'Orillon, qu'il ne peut être battu de front que de sa largeur; encore lui reste-t-il de l'artillerie cachée qui défend le fossé & qui bat de revers dans la bréche.

On construit l'Orillon à l'épaule du Bastion sur la troisiéme partie de son flanc, & pour en trouver le centre on éleve une perpendiculaire au-dedans du Bastion sur le milieu de cette troisiéme partie, & de l'extrémité de la face on éleve une seconde perpendiculaire qui venant à couper la premiere donne par sa section le centre de l'Orillon; ce centre est le méme que le centre d'un cercle auquel la face prolongée serviroit de tangente, & la seconde perpendiculaire du sinus total ou demi-diamétre. C'est dans les Orillons que l'on fait les Fausses-portes pour les sorties, pour le service des Dehors & du fossé: on appelle *Dehors* tous les ouvrages séparés du corps de la place.

Pour faire le concave du flanc, on prolonge la ligne de défense de cinq toises dans le Bastion à l'extrémité de la Courtine; ensuite on fait une autre ligne de cinq toises, qui commence à l'Orillon & rentre dans le Bastion. On fait cette ligne en mettant la régle sur l'angle flanqué du Bastion opposé & sur l'extrémité de l'Orillon; puis on prend pour centre du concave un angle de 60 dégrés; c'est-à-dire que l'espace qui est entre les deux prolongemens sert de côté à un triangle équilatéral, dont l'angle opposé à ce côté sert de centre au concave. On place le canon au concave des flancs, dans son Parapet on fait des coupures qu'on nomme Embrasures; ce qui reste de terre entre chaque Embrasure est appellé *Merlon.*

La principale action du Flanc est de nettoyer le Fossé, les Demi-lunes & quelques angles saillans du Chemin couvert, communément appellé Contrescarpe. Ce Chemin environne la place & ses dehors: il est compris entre le Fossé & un Parapet qui l'empéche d'être vû de la campagne. Par cette méthode on a toujours deux piéces d'artillerie cachées, dont l'une nettoye le Chemin couvert & la Demi-lune, & l'autre bat dans la Bréche de l'angle flanqué du Bastion & dans les retranchemens qu'on y fait. (La petite Figure quatriéme fera connoître une Fortification à Orillons).

Pour second Flanc on fait une Tenaille à l'abri de toute insulte. M^r^. de Vauban a reconnu que la Tenaille simple étoit plus utile que celle à flanc & que les ruines n'incommodoient point ceux qui la défendent. C'est entre elle & la Courtine qu'au sortir de la Fausse-porte de l'Orillon on range en bataille les troupes destinées pour le service des Dehors. Le petit Fossé de deux toises de largeur, qui separe la Tenaille dans son milieu, sert à faire

défiler

défiler le soldat ; & quoique la Tenaille soit séparée en deux parties par un Fossé, elle conserve son nom & doit être regardée comme un seul ouvrage, à cause du petit pont qui rend son service aussi aisé que si elle n'étoit point séparée.

On fait aussi des Caponiéres dans le Fossé au milieu des Tenailles : c'est un double Chemin couvert palissadé de part & d'autre par où les troupes passent pour gagner les Dehors. Ce double Chemin est large de 12 pieds, ses Parapets sont élevés de trois pieds au-dessus du niveau du Fossé, & on leur donne seulement une Banquette à chacun. Ces sortes d'ouvrages sont excellens pour empêcher le passage du Fossé. Au sortir de la Caponiére le soldat doit être à couvert du feu des ennemis logés sur le Glacis : on le couvre en coupant parallélement à la Courtine la Gorge de l'ouvrage où aboutit la Caponiére : la plûpart des Dehors ont besoin de cette précaution.

Par la méthode de Mr de Vauban on a quatre Flancs, celui de la Place qui est concave, celui de l'Orillon & ceux de la Tenaille & de la Caponiére ; & quand le Bastion a un cavalier, c'est un cinquiéme Flanc. (La petite figure cinquiéme fait connoître la construction de la Tenaille & de la Caponiére).

Les Dehors dont nous venons de parler sont les plus ordinaires. Il s'en fait néanmoins de plusieurs autres sortes dont nous ne parlerons point ici : cette matiére demanderoit seule un gros volume ; ceux qui voudront s'en éclaircir plus à fond pourront voir d'excellens Livres faits sur ce sujet, comme aussi examiner avec soin le plan de la Ville du Neuf-Brisak & le détail exact de chacune de ses parties. C'est sans contredit la plus réguliére & la mieux fortifiée du Royaume, & celle où M^r le Maréchal de Vauban a employé tout ce que l'art & la science ont pû trouver d'avantageux.

Méthode pour toiser les ouvrages de Fortifications.

LEs terres dont se forment les Ramparts & les Parapets se tirent ordinairement des Fossés que l'on fait autour de la place ; & pour en connoître la quantité on mesure le vuide des fossés, & on le réduit en toises cubes dont on paye l'excavation & le transport aux Entrepreneurs suivant le prix convenu.

Ainsi quand le Fossé qui est vis-à-vis la face d'un Bastion a 50 toises de long, 20 toises de large & 4 de profondeur, on multiplie la longueur 50 par la largeur 20 ; & le produit est 1000 toises quarrées, lesquelles on multiplie par quatre toises de profondeur, ce qui fait 4000 toises cubes.

Il faut remarquer, que comme on est obligé de donner un grand talus aux terres, afin qu'elles puissent rester sans s'ébouler, ce Fossé doit être bien plus large par le haut que par le bas. C'est pourquoi, si l'on veut que le Fossé ait vingt toises de largeur par le milieu de la profondeur, il faut lui donner par le haut au moins 22 toises de largeur, & 18 par le bas ; ces 22 toises ajoûtées à 18 font 40, la moitié 20 est la largeur réduite.

A l'égard de la profondeur, comme il y a souvent des creux & des buttes sur la face de la terre, on oblige les Ouvriers de laisser en creusant au travers du Fossé quelques bandes de terre, pour servir de témoins de la hauteur des terres, jusqu'à ce que le tout soit mesuré ; & quand il y a dans un attelier plusieurs témoins d'espace en espace, on prend les hauteurs perpendiculaires de chacun, on les ajoûte ensemble, & l'on divise la somme par le

nombre des témoins. Si, par exemple, on a ajoûté ensemble six hauteurs, on prend la sixiéme partie de la somme pour la hauteur réduite.

La massonnerie qui soutient les terres doit avoir de l'épaisseur à proportion de sa hauteur : on lui donne aussi un talus d'environ un pied par toise de hauteur.

Si l'on bâtit un mur pour soutenir les terres du Rampart de la place, & que ce mur ait, par exemple, six toises de hauteur, la moindre épaisseur que l'on puisse donner par le haut est de trois pieds, & par le bas de neuf pieds au-dessus de la fondation, à cause de son talus qui est d'un pied par toise : or ces deux épaisseurs 9 & 3, font 12, dont la moitié 6 pieds sera l'épaisseur réduite de ce mur : & par conséquent, pour revêtir la face d'un Bastion qui a 50 toises de long, 6 toises de haut & une toise d'épaisseur réduite, il faut trois cent toises cubes de massonnerie, sans y comprendre la fondation, que l'on ne peut pas déterminer sans connoître le terrein. Outre cela on a coutume de faire des Contre-forts pour soutenir les terres & empécher de trop peser contre le mur du revêtement : Ces Contre-forts doivent être fondés sur la terre ferme & entrer dans les terres remuées au moins d'une toise de long ; on leur donne sept à huit pieds de large à la racine, c'est-à-dire, du côté où ils sont attachés au mur du revêtement & quatre à cinq pieds à la queue qui s'avance dans les terres du Rampart, ce qui revient à une toise de surface, en supposant, comme nous venons de dire, sept pieds à la racine & cinq pieds à la queue, qui font douze pieds, dont la moitié six pieds est l'épaisseur réduite ; & supposant quatre toises de hauteur l'un portant l'autre, chaque Contre-fort aura quatre toises cubes. Or comme on n'en doit pas faire moins de dix dans une étendue de cinquante toises, la massonnerie de dix Contre-forts reviendra à quarante toises cubes : de sorte que pour revêtir de murailles les deux faces & les deux flancs d'un Bastion, on peut compter environ mille toises cubes de massonnerie : & pour revêtir une Courtine qui a quatre-vingt toises de longueur, il faut compter environ six cens toises cubes de massonnerie : de là on pourra facilement estimer ce qu'il en faut pour le revêtement de toute une Place. Remarquez qu'il vaut mieux faire l'estimation plus forte que trop foible ; car si l'on a trop de fond, il sert pour subvenir aux dépenses imprévûes.

Il nous reste encore à parler du toisé de la charpente, dont on a besoin pour construire les ponts, portes & autres ouvrages de cette nature.

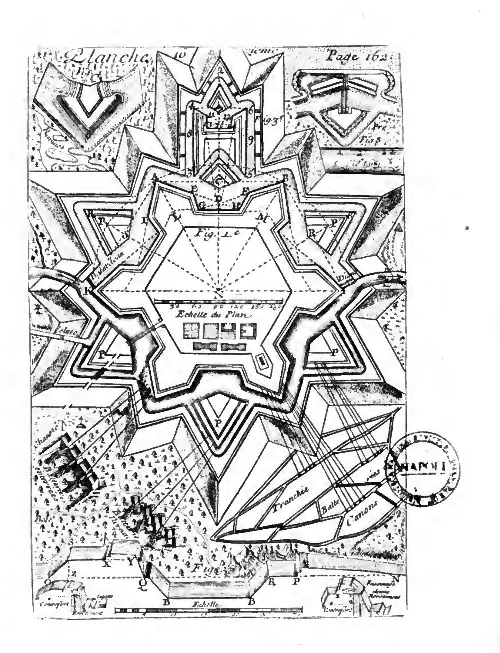
Pour mesurer les bois de charpente on les réduit en solives.

La solive est une piéce de bois ayant 12 pieds de longueur & 36 pouces quarrés de surface, c'est-à-dire, six pouces de largeur sur six de grosseur, ce qui reviendra à trois pieds cubes de bois, qui font la 72me partie d'une toise cube.

Dans les ouvrages de Fortification on compte les longueurs des piéces de bois mises en œuvre comme elles sont, y compris les tenons.

Nous donnerons ici deux maniéres d'en faire le calcul, afin que l'une puisse servir de preuve à l'autre.

La premiére est de réduire en pouces la grosseur de la piéce de bois, c'est-à-dire, les pouces de sa largeur & de son épaisseur ; & après avoir multiplié ces deux quantités l'une par l'autre pour en faire des pouces quarrés, on en multiplie le produit par les toises, pieds & pouces de la


Planche 10
Page 162
Fig. 1.e
Echelle du Plan
Tranchée
Canons
Echelle

longueur ; on divise ensuite ce dernier produit par 72, & le quotient donne le nombre de solives que contient la piéce de bois.

La raison de cette pratique est que 72 chevilles d'un pouce de gros sur une toise de long font une solive.

Supposons, par exemple, qu'il faille réduire en solives une poutre ayant de longueur 2 toises 4 pieds 6 pouces, & 12 à 15 pouces de gros : il faut multiplier 15 par 12, dont le produit est 180 pouces quarrés, lesquels il faut encore multiplier par 2 toises 4 pieds 6 pouces, dont le produit est 495, lequel étant divisé par 72, donne pour quotient 6 solives & 7 huitiémes.

La seconde méthode pour réduire les bois de charpente en solives, est fondée sur ce que la solive contient trois pieds cubes, ou la 72me partie de la toise.

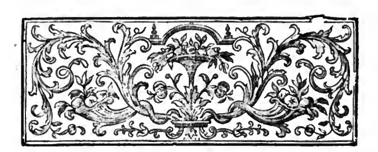
Elle se pratique de la maniére suivante : multipliez les pouces de son équarrissage les uns par les autres, c'est-à-dire, les pouces de sa largeur par ceux de son épaisseur, & du produit prenez-en le douziéme, que vous multiplierez par la longueur de la piéce ; & ce dernier produit sera le nombre de solives & parties de solive que l'on cherchoit.

Soit pour exemple la même piéce de bois ayant de longueur 2 toises 4 pieds 6 pouces, & 12 à 15 pouces de gros ; en multipliant 15 par 12, le produit est 180 pouces quarrés.

La douziéme partie de ce nombre est quinze, qui étant considéré comme des pieds fait deux toises trois pieds, lesquels multipliés par la longueur 2 toises 4 pieds 6 pouces font enfin 6 solives 5 pieds & 3 pouces ; de sorte qu'il ne s'en manque que neuf pouces ou la huitiéme partie d'une toise pour faire sept solives, comme dans le calcul de la premiére méthode.

Fin du quatriéme Livre.





DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES TANT DE DIFFERENS NIVEAUX POUR LA CONDUITE DES EAUX,

Que de différens Instrumens servans à l'Artillerie.

LIVRE CINQUIÉME.

De la construction & des usages de plusieurs Niveaux.

CHAPITRE PREMIER.

Construction du Niveau d'eau.


XVII. Planche. Fig. A.



LE premier des Niveaux qui servent à la conduite des eaux est le Niveau d'eau. Cet Instrument est composé d'un tuyau rond de cuivre ou autre matiére, long d'environ trois pieds sur douze à quinze lignes de diamétre. Il est recourbé par les bouts à l'équerre pour y recevoir deux tuyaux de verre de trois ou quatre pouces, que l'on fait tenir avec de la cire ou du mastic. Il y a par dessous une virole attachée au milieu, pour placer l'Instrument sur son pied.

On y verse de l'eau ordinaire ou colorée par un des bouts, jusqu'à ce qu'il y en ait assez pour paroitre dans les deux tuyaux de verre.

Ce Niveau quoique fort simple est très-commode pour niveler de moyennes distances.

Il est fondé sur ce que l'eau se place toujours naturellement de niveau C'est pourquoi il n'est pas nécessaire qu'elle soit également éloignée des extrémités des deux tuyaux de verre, car elle s'y mettra toujours d'égale hauteur par rapport au centre de la terre.

Construction du Niveau d'air.

LE Niveau d'air marqué B, est un tuyau de verre bien droit, d'égale grosseur & épaisseur par tout. Fig. B.

Il s'en fait de différentes longueurs & grosseurs proportionnées. On le remplit, à quelques gouttes près, d'esprit de vin ou autre liqueur qui n'est point sujette à se geler. Les bouts de ce tuyau sont terminés en pointe & fermés hermétiquement, c'est-à-dire, que le bout par lequel on a versé l'esprit de vin, a été ensuite bouché avec le verre même, en le tortillant au rayon du feu vif d'une lampe que l'on soufle pour le rendre bien ardent par le moyen d'un chalumeau.

On connoit que cet Instrument est parfaitement de niveau, lorsque la goutte d'air s'arrête justement au milieu; car quand il n'est pas de niveau, la goutte d'air comme plus legére court vers le haut pour remplir le vuide.

Construction du Niveau d'air monté.

CEt Instrument est composé d'un Niveau d'air simple qui doit être d'environ huit pouces de long sur sept à huit lignes de diamétre, comme il est marqué au nombre 1. On l'enchâsse dans un tuyau de cuivre marqué 2, qui est évuidé dans son milieu, afin que l'on puisse voir au-dessus la bulle d'air. Fig. C.

Il est porté sur une forte régle bien droite d'environ un pied de long, aux extrémités de laquelle sont placées justement deux pinules de même hauteur & semblables à celle marquée 3, qui est vûë de front; elle a une ouverture quarrée, dans laquelle il y a deux filets de cuivre très-délicarement limés qui se croisent à angles droits. On y perce un petit trou au milieu, & on y attache une petite piéce de cuivre mince, avec un petit clou à tête, afin de boucher l'ouverture quarrée, quand il est besoin. Cette piéce est percée d'un petit trou qui répond à celui qui est au milieu des filets. Le tuyau de cuivre est attaché sur la régle par le moyen de deux vis, dont l'une marquée 4, sert à lever ou baisser le tuyau tant & si peu que l'on veut, pour le placer de niveau & le faire accorder avec les pinules.

La boule du genou est rivée à une petite régle qui fait ressort & est attachée par un de ses bouts avec deux vis à la grande régle, & à l'autre bout il y a une vis à oreille marquée 5, qui sert à hausser ou baisser tout l'Instrument, quand il y a peu de chose à changer.

La maniére d'ajuster ce Niveau est facile. Il n'y a qu'à le placer sur son pied, de maniére que la goutte d'air soit justement au milieu du tuyau; alors fermant la pinule du côté de l'œil & ouvrant l'autre, le point de



l'objet qui est coupé par le filet horisontal est de niveau avec l'œil ; & pour connoître si le Niveau d'air est bien d'accord avec les pinules, il n'y a qu'à retourner l'Instrument bout pour bout, fermer la pinule qui étoit ouverte & ouvrir l'autre ; puis regardant par le petit trou, si le même point de l'objet est coupé par le filet horisontal, c'est une marque que le Niveau est juste ; & s'il s'y trouve quelque différence, il faut tant soit peu hausser ou baisser le tuyau par le moyen de la vis marquée 4, & répéter cette opération jusqu'à ce que les pinules soient d'accord avec le Niveau, c'est-à-dire, que regardant un objet, la bulle d'air étant au milieu & ensuite retournant l'Instrument, on voye le même objet.

Fig. D Le Niveau marqué D est composé d'un petit tuyau de verre enchâssé dans un autre tuyau de cuivre attaché sur une régle parfaitement égale d'épaisseur. Il sert à connoître si un plan (comme une table, pendule, ou autre chose semblable) est de niveau.

Construction du Niveau d'air à lunette.

Fig. E. CE Niveau est semblable à celui marqué C, excepté qu'au lieu de pinules il y a une lunette d'approche afin de découvrir de plus loin. Cette lunette est dans un tuyau de cuivre d'environ quinze pouces de long, attaché sur la même régle que le Niveau, laquelle doit être d'une bonne épaisseur & fort droite.

A l'extrémité du tuyau de la lunette marquée 1, entre le petit tuyau, aussi marqué 1, qui porte le verre oculaire & une soie très-déliée placée horisontalement au foyer de l'objectif marqué 2, on avance ou recule ce petit tuyau dans le grand, pour ajuster la lunette aux différentes vûes.

A l'autre bout de la lunette est placé le verre objectif, dont la construction est la même que celle que nous avons donnée pour le Demi-cercle. Tout le corps de cette lunette est attaché à la régle aussi-bien que le Niveau, avec des vis sur deux petites plaques quarrées soudées vers les extrémités de chaque tuyau : ces plaques doivent être d'épaisseur parfaitement égale.

Il y a une vis à la petite figure marquée 3, qui doit traverser la régle & le tuyau de la lunette, afin de pouvoir hausser ou baisser la petite fourchette qui porte la soie, & la faire accorder avec la bulle d'air, quand l'Instrument est de niveau. La vis marquée 4 est pour faire aussi accorder la bulle d'air avec la lunette.

Au-dessous de la régle il y a une plaque de cuivre, qui fait ressort & porte le genou comme au Niveau à pinules.

Fig. F. Le Niveau marqué F est en forme d'équerre, ayant ses deux branches parfaitement égales en longueur. A la jonction de ces deux branches on fait un petit trou d'où pend une soie chargée d'un plomb, qui bat sur une ligne perpendiculaire au milieu du Quart de cercle, qui le plus souvent est divisé en 90 dégrés. Son usage est fort facile ; car les extrémités de ses deux branches étant posées sur un plan, on connoît qu'il est de niveau, lorsque la soie bat juste sur la ligne qui est au milieu du Quart de cercle.



Construction d'un Niveau à plomb & à lunette.

CEt Instrument est composé de deux régles attachées ensemble, faisant angles droits ; celle qui porte le filet avec son plomb a environ un pied & demi, ou deux pieds. Fig. G.

On attache le filet vers le haut à un petit clou qui est au point marqué 2. Le milieu de la régle, où passe la soie est évuidé, afin qu'elle ne touche en aucun endroit que vers le bas à l'endroit marqué 3, où est une petite lame d'argent, sur laquelle on a tracé délicatement une ligne perpendiculaire à la lunette.

On recouvre le vuide par deux piéces de cuivre qui empêchent que le vent n'agite la soie & qui forment une espece de boëte. Il y a un cristal qui couvre la lame d'argent, afin que l'on puisse voir à travers, quand la soie avec son plomb est sur la perpendiculaire. La lunette marquée 1, est attachée sur l'autre régle qui a environ deux pieds de long ; elle est construite comme les autres lunettes, dont nous avon parlé ci-devant. Toute la justesse de cet Instrument consiste en ce que cette lunette soit parfaitement à angle droit à la perpendiculaire.

Il y a un genou de la maniére ordinaire, attaché derriére cette régle ; pour placer tout l'Instrument sur son pied.

Nous faisons aussi de ces Niveaux à plomb & à lunette soit de cuivre ou de fer, dont la lunette & le canal où est enfermé le filet qui porte le plomb, Fig. GG. ont environ quatre à cinq pieds de longueur, afin de donner de plus grands coups de. Niveau. La lunette a environ un pouce & demi de diamétre, & la boëte du filet qui porte le plomb, a environ deux pouces de largeur sur un demi d'épaisseur : on attache la boëte par le milieu à la lunette avec des vis, de maniére qu'elles soient parfaitement à angles droits l'une à l'autre : aux deux extrémités de la lunette sont ajustés deux larges cercles, dans lesquels la lunette tourne juste ; ces cercles, qui sont plats par-dessous, sont attachés sur une forte régle de fer, afin qu'elle soit plus solide. Ce Niveau est porté par deux pieds à peu près pareils à celui que j'ai décrit à la Planche XIV. Figure E ; ces pieds sont attachés avec des vis aux extrémités de la régle de fer. Il y a deux ouvertures qui sont recouvertes d'un cristal qui s'ouvre par le moyen d'un petit chassis de cuivre, afin de pouvoir accrocher le filet qui porte le plomb au haut de la boëte, de maniére que le filet batte sur deux petites lames d'argent, & vis-à-vis une ligne perpendiculaire à la lunette, qu'on a tracée délicatement sur lesdites lames. Ces lames sont placées vis-à-vis les ouvertures de la boëte. Le filet qui porte le plomb est un cheveu ou bien une soie très-fine, & la lunette est pareille à celle que j'ai décrite ci-devant, en parlant du Demi-cercle. On démonte aisément cet Instrument, & le tout se met en peu de place pour la commodité de ceux qui veulent le transporter.

Toute la justesse de cet Instrument consiste en ce que la lunette soit parfaitement à angles droits avec les perpendiculaires qui sont tracées sur les lames d'argent.

Pour éprouver ce Niveau vous le placez sur son pied, en sorte que le filet tombe juste sur la ligne perpendiculaire ; vous remarquez l'objet qui est Fig. GG. coupé par la soie, qui est au foyer de la lunette ; puis vous décrochez le filet qui porte le plomb, & vous retournez la lunette sans dessus dessous ; ensuite vous racrochez le filet au crochet qui se trouve en haut de la boëte,

& vous regardez par la lunette le même objet ; si le filet tombe juste sur la ligne perpendiculaire, c'est une marque que l'Instrument est juste ; mais s'il ne s'y rencontroit pas, il faudroit pousser à droite ou à gauche le petit crochet, jusqu'à ce que le tout convienne de côté & d'autre ; on peut aussi lever ou baisser la lunette par le moyen d'une vis. Les Ouvriers intelligens suppléeront sans peine à l'abrégé de cette description. La petite figure GG, donnera une idée assez juste de cet Instrument.

Fig. H. L'Instrument marqué H est un petit Niveau simple fondé sur le même principe que les précédens. Sa figure fait assez connoître son usage & sa construction.

Fig. I. Le niveau marqué I se place de lui-même. Il est composé d'une régle de cuivre, d'une forte épaisseur, d'environ un pied de long sur un pouce de large. Il y a deux pinules de même hauteur, placées aux extrémités de la régle, & au milieu une espece de fléau à peu-près comme aux balances ordinaires pour suspendre librement le Niveau ; au-dessous de ladite régle est attachée avec des vis une piéce de cuivre qui porte une boule aussi de cuivre un peu grosse, afin de lui donner plus de poids.

Toute la justesse de cet Instrument consiste dans un parfait équilibre. Il est facile de le connoître ; car en tenant l'Instrument suspendu par son anneau, & ayant remarqué un objet par les pinules, il ne faut que retourner l'Instrument pour approcher l'œil de l'autre pinule, & voir si le même objet paroît à même hauteur, c'est une marque que l'Instrument est en parfait équilibre ; mais si l'objet paroît un peu plus haut ou plus bas, on pourra y remédier en poussant un peu la piéce qui porte la boule, jusqu'à ce qu'elle soit justement au milieu du point de suspension ; & on l'arrêtera avec la vis, lorsque par les expériences on aura reconnu que l'Instrument sera de niveau.

Fig. K.

Construction du Niveau de M. Huygens.

LA principale partie de cet Instrument est une lunette d'approche de quinze à dix-huit pouces de long marquée 1, & composée de la même maniére que celle que nous avons décrite ci-devant : la lunette qui est de forme cylindrique passe par une virole où elle est arrêtée par le milieu. Cette virole marquée 2 a deux branches plates pareilles, l'une en haut & l'autre en bas, chacune d'environ le quart de la lunette ; de sorte que le tout fait une maniére de croix. Au bout de chacune de ces deux branches est attachée une petite piéce mouvante en forme de pince, dans laquelle est arrêtée une soie assez forte, qui est passée en plusieurs doubles dans un anneau.

Par l'un de ces anneaux on suspend la croix à un crochet qui est au bout de la vis marquée 3, & par en bas on attache à l'autre anneau un poids qui égale au moins la pesanteur de la croix, afin de la maintenir en son équilibre ; ce poids est renfermé dans la boëte marquée 5, dont il ne sort que son crochet ; ce qui reste d'espace dans cette boëte est rempli d'huile de noix ou de lin ou autre qui ne se fige point, pour arrêter plus promptement les balancemens du poids & de la lunette.

On met quelquefois deux lunettes à cet Instrument, l'une à côté de l'autre & bien paralléles ; l'oculaire d'une de ces lunettes est d'un côté, & l'oculaire de l'autre est du côté opposé, afin de pouvoir voir des deux côtés sans tourner le Niveau. Si le tuyau de la lunette étant suspendu ne se trouve pas de niveau, comme il arrive souvent, on y mettra une virole ou anneau marqué,

marqué 4, que l'on pourra faire couler le long du tuyau de la lunette pour la placer de niveau & la maintenir paralléle à l'horison, soit qu'il y en ait une ou deux.

Il y a un filet tendu horisontalement attaché à une petite fourchette au foyer de verre objectif de chaque lunette, que l'on peut hausser ou baisser par le moyen d'une petite vis, comme nous avons dit ci-devant.

Pour vérifier ce Niveau, on le suspend par une de ses branches, on vise à quelque objet éloigné, sans que le plomb y soit attaché, & l'on remarque précisément le point de l'objet qui est coupé par le fil de la lunette, puis on y ajoûte le plomb l'accrochant à l'anneau d'en-bas; & si alors le fil horisontal répond au même point de l'objet, c'est une marque que le centre de gravité de la croix est précisément dans la ligne droite qui joint les deux points de suspension & répond au centre de la terre.

Mais si cela ne se trouve point, il faut y remédier en faisant couler la petite virole de côté ou d'autre. L'ayant ainsi réduit à viser au même point sans plomb & avec le plomb, on la retourne sans dessus dessous, en la suspendant par la branche qui étoit en bas, & attachant le plomb par l'autre.

Que si alors le fil qui est dans la lunette coupe le même point de l'objet, on est assûré que ce point est précisément dans le plan horisontal du centre du tuyau de la lunette. Mais si le fil ne vise pas au même point, on l'y réduira en le haussant ou baissant par le moyen de la vis. Il faut de tems en tems faire la vérification de l'Instrument, de crainte qu'il n'y arrive quelque changement.

Le crochet d'où est descendu cet Instrument est attaché à une croix faite de bandes de bois mince excédantes un peu de part & d'autre la lunette & ses deux branches: aux extrémités de chaque bras de cette croix, il y a un crochet qui sert pour garantir la lunette de trop d'agitation, quand on se sert de l'Instrument, ou pour la maintenir en repos quand on le transporte, en faisant descendre la lunette par le moyen de la vis qui la porte.

On applique à cette croix plate une autre croix de bois creuse, que l'on attache avec des crochets, qui sert comme d'étui à l'Instrument; les deux bouts de la croix restent ouverts, & par ce moyen la lunette étant à couvert du vent & de la pluie, elle se trouve toujours en état de servir.

Le pied pour porter cet Instrument est une plaque ronde de laiton un peu concave, à laquelle sont attachées trois viroles en charniére, dans lesquelles on met des bâtons de longueur convenable: la boëte qui est au bas du Niveau est posée sur cette plaque & se peut tourner du côté que l'on veut, de maniére que le plomb ait son mouvement libre dans sa boëte, qui doit être de cuivre, & que l'on bouche par le moyen d'une vis, pour conserver l'huile dans les voyages.

Construction d'un autre Niveau.

CEt Instrument est un Niveau à peu près semblable à celui dont nous venons de donner la description; mais il est plus facile à transporter en campagne. Fig. L.

1. Est la boëte dans laquelle est enfermée la lunette.

2. Est une espéce d'étrier où passe la vis qui sert de point de suspension; au bout de laquelle il y a un crochet où s'accroche l'anneau qui est au bout de la plaque qui porte la lunette.

3. Sont des vis deſſus & deſſous pour arrêter fixément la lunette, lorſqu'on tranſporte l'Inſtrument,

4. Sont des crochets pour tenir la boëte fermée,

5. Eſt un bout de la lunette.

6. Eſt le bout de la plaque où eſt accrochée une groſſe boule de plomb qui ſert à maintenir la lunette de niveau.

Il y a trois viroles marquées 8, attachées fortement au-deſſous de l'étrier, qui ſervent de pied pour porter tout l'Inſtrument, lequel doit être fort libre dans ſa boëte lorſqu'on s'en ſert. Il eſt à remarquer que l'on met quelquefois deux lunettes dans ce Niveau, auſſi-bien que dans l'autre dont nous venons de parler.

CHAPITRE II.

Uſages des Inſtrumens à niveller.

LE Nivellement eſt une opération qui nous fait connoître la hauteur d'un lieu à l'égard d'un autre. On dit qu'un lieu eſt plus élevé qu'un autre lorſqu'il eſt éloigné du centre de la terre. Une ligne qui eſt également éloignée du centre de la terre dans tous ſes points, eſt appellée de niveau ; c'eſt pourquoi comme la terre eſt ronde, cette ligne doit être courbe & faire partie de ſa circonférence, comme on voit ici la ligne B C F G, dont tous les points ſont également éloignés du centre de la terre, lequel eſt marqué A. Mais la ligne de viſée, que donnent les opérations des Niveaux eſt une ligne droite perpendiculaire au Demi-diamétre de la terre A B : Elle s'éléve au-deſſus du vrai Niveau marqué par la courbure de la terre, à proportion qu'elle eſt plus étendue ; c'eſt pourquoi toutes les opérations ne nous donnent que le Niveau apparent, que l'on doit corriger pour avoir le vrai Niveau, lorſque la ligne de viſée paſſe cinquante toiſes.

Planche XVII. Fig. 1.

La table ſuivante où ſont marquées les corrections des points du Niveau apparent pour les réduire au vrai Niveau, a été calculée par le moyen du Demi-diamétre de la terre dont on a connu la grandeur après avoir meſuré un dégré de ſa circonférence. Meſſieurs de l'Académie Royale des Sciences ont trouvé par des obſervations bien exactes qu'un dégré de la circonférence de la terre dans un grand cercle, comme le Méridien, contient 57060 toiſes, en donnant 25 lieues au dégré, qui ſont les moyennes lieues entre les grandes & les petites : il y aura 2282 toiſes & deux cinquiémes dans la longueur d'une lieue.

Toute la circonférence de la terre ſera de 9000 de ces mêmes lieues, & ſon diamétre en contiendra 2865, d'où il s'enſuit qu'il y a de chaque endroit de la ſuperficie de la terre à ſon centre 1432 lieues & demie.

La ligne A B repréſente le Demi-diamétre de la terre, ſous les pieds de l'obſervateur. La droite B D E, repréſente le rayon viſuel dont les points D E ſont dans le Niveau apparent du point B. On ſe ſert de cette ligne de Niveau apparent, pour en déterminer une qui ſoit de vrai Niveau ; ce qui ſe fait en ôtant des points de la ligne du Niveau apparent la hauteur dont ils s'élevent au-deſſus du vrai Niveau à l'égard de certains points comme B. Car il eſt facile de voir par cette figure que tous les points du Niveau apparent D E ſont plus éloignés du centre de la terre que le point B ; & pour

en connoître la différence, il n'y a qu'à considérer le triangle rectangle A B D, duquel ayant connu les deux côtés A B, B D, on trouvera l'hypotenuse A D, & en ôtant le rayon ou Demi-diamétre de la Terre A C, le reste C D représentera l'élévation du point de Niveau apparent D pardessus le point du vrai Niveau C.

Table qui montre les corrections ou abaissemens des points du Niveau apparent, pour les réduire au vrai Niveau, suivant les différentes distances de cinquante en cinquante toises.

Distances des points du Niveau apparent.	Corrections, ou abaissemens. Pouces.	Lignes.	
50 toises.	0	0	1 tiers.
100	0	1	1 tiers.
150	0	3	0
200	0	5	1 tiers.
250	0	8	1 tiers.
300	1	0	0
350	1	4	1 tiers.
400	1	9	1 tiers.
450	2	3	0
500	2	9	0
550	3	6	0
600	4	0	0
650	4	8	0
700	5	4	0
750	6	3	0
800	7	1	0
850	7	11	1 demie.
900	8	11	0
950	10	0	0
1000	11	0	0

La régle suivant laquelle on a calculé cette Table, a été de diviser le quarré de la distance par le Diamétre de la terre, qui est 6538694 toises; & c'est pour cette raison que ces corrections ou abaissemens sont entre eux comme les quarrés des distances. Quoique le fondement de ce calcul ne soit pas tout-à fait géométrique, il en approche si fort, que dans la pratique il ne peut s'ensuivre aucune erreur sensible.

Si l'on prenoit les points du Niveau apparent au milieu de ceux du vrai Niveau, on se tromperoit dans la conduite de l'eau d'une source qui seroit, Fig 1. par exemple, au point B : car cette source ne couleroit pas au long de la ligne B D E, mais elle demeureroit en B : de sorte que pour s'étendre au long de ladite ligne, il faudroit qu'elle remontât plus haut qu'elle n'est; ce qui n'est pas possible, puisqu'elle ne peut prendre d'autre figure extérieure que la circulaire qui est également éloignée du centre de la terre. Au contraire une source qui seroit en D, auroit beaucoup de pente pour descendre en B, mais elle ne pourroit pas passer outre, à cause qu'il faudroit qu'elle s'élevât plus haut que sa source, si elle continuoit son chemin au long de la même ligne droite; ce qu'elle ne peut pas faire à moins qu'elle ne soit forcée par quelque machine. On pourra donner à la fin de cet Ouvrage la description d'une machine qui fera connoître la maniére de faire monter l'eau plus haut que le Niveau.

Maniére de rectifier les Niveaux, ou vérifier s'ils sont justes.

Fig. 1. POur rectifier les Niveaux, & notamment celui d'air, il faut planter deux piquets, comme A B qui soient éloignés l'un de l'autre d'environ cinquante toises (mais toujours moins de 50 à cause de la rondeur de la terre; car passé ce nombre de toises, il faudroit y avoir égard) puis en bornayant de la station A le piquet B, le Niveau étant posé horisontalement, lorsque la bulle d'air sera dans le milieu du tuyau, on fera lever ou baisser le long dudit piquet B un carton sur le milieu duquel on aura tracé une ligne noire horisontalement, jusqu'à ce que le rayon visuel de l'observateur rencontre cette ligne, après quoi il faudra attacher contre le piquet A un autre carton pareil, dont le milieu soit à la hauteur de l'œil, quand on a bornayé le carton B; puis on transportera le Niveau au piquet B, & l'on se disposera à la hauteur du centre dudit carton; & le Niveau étant posé horisontalement pour bornayer le milieu du carton A, & si le rayon visuel donne au milieu du carton, c'est une marque que ce Niveau est bien juste; mais si le rayon visuel donne au-dessous ou au-dessus, par exemple au point C, il faut en conservant toujours la même hauteur de l'œil, baisser la lunette ou la pinule jusqu'à ce que le rayon visuel donne dans le milieu de la différence, comme en D; & la lunette restante ainsi, il faut ajuster le tuyau de niveau jusqu'à ce que la bulle d'air s'arrête dans le milieu, ce qui se fait par le moyen de la vis marquée 4.

Ensuite on retournera au piquet A remettre le Niveau à la hauteur du point D, pour bornayer le carton B; & si le rayon visuel donne dans le centre de ce carton, c'est une marque que la lunette s'accorde avec le Niveau; sinon il faudra recommencer les mêmes opérations jusqu'à ce qu'on vienne à rencontrer les centres des deux cartons.

Autre maniére de rectifier les Niveaux.

COnnoissant deux points éloignés l'un de l'autre qui soient parfaitement de niveau, on mettra le bout qui porte l'oculaire de la lunette à la hauteur juste d'un de ces deux points, la bulle d'air étant arrêtée au milieu de son tuyau & en bornayant, s'il arrive que la soie ou le filet de la lunette donne dans le second point, alors c'est une marque que le Niveau est juste; mais si le filet donnoit au-dessus ou au-dessous du point du Niveau, il faudroit en conservant toujours la même hauteur de l'œil, hausser ou baisser le bout du Niveau où est le verre objectif, jusqu'à ce que le rayon visuel de la lunette donnât juste au point du Niveau, & le laissant en cet état hausser ou baisser le tuyau qui porte le Niveau, en sorte que la bulle d'air reste dans le milieu.

Ce que l'on vient de dire pour ce Niveau, peut servir aussi pour rectifier les autres. La différence n'est que de changer les plombs & filets des lunettes suivant leurs constructions.

Pratique du Nivellement.

Fig. 3. POur sçavoir la hauteur ou la pente d'une montagne, par exemple, la distance qu'il y a du haut de la montagne au point marqué A jusqu'au bas de ladite montagne au point B, posez votre Niveau environ au milieu

de vos deux points, comme en D, ayez des piquets plantés en A & en B avec des personnes instruites des signaux pour hausser ou baisser le long desdits piquets des bâtons fendus, au bout desquels ils attachent les cartons; & votre Niveau étant placé sur son pied, bornayez vers le piquet A E, en faisant avec des personnes intelligentes le signal dont vous étes convenu pour hausser ou baisser le carton, jusqu'à ce que la partie de dessus ou la ligne du milieu paroisse dans le rayon visuel; faites mesurer exactement la hauteur perpendiculaire du point A au point E, que nous supposons en cet exemple de 6 pieds 4 pouces, que vous écrirez au mémorial. Tournez ensuite votre Niveau horisontalement sur son genou, en sorte qu'il soit toûjours à même hauteur, & donne droit au piquet B, afin que l'oculaire de la lunette soit du côté de l'œil; car si c'est un Niveau à pinule, il n'est pas nécessaire de le retourner; faites signal pour que l'on hausse ou baisse le carton C, jusqu'à ce que son bout supérieur soit dans la ligne de mire; faites mesurer la hauteur du point B au point C, que l'on suppose ici de 16 pieds 6 pouces, que vous chifrerez au mémorial au-dessus de l'autre nombre de la premiere station, & pour sçavoir la pente du point B au point A, soustrayez 6 pieds 4 pouces de 16 pieds 6 pouces, restent 10 pieds 2 pouces de pente, qui est ce que l'on cherchoit.

Il est à remarquer, que si le point D, où est placé l'Observateur, est au milieu entre le point A & le point B, quelque distance qu'il puisse y avoir, il ne sera pas nécessaire d'avoir égard au haussement du Niveau apparent par dessus le vrai, parce que ces deux points étant également éloignés de l'œil de l'Observateur, le rayon visuel s'élévera au-dessus du vrai Niveau, & par conséquent il n'y aura aucune correction à faire pour connoître la pente du point A au point B.

Autre exemple du Nivellement.

ON veut sçavoir s'il y a suffisamment de la pente pour conduire l'eau depuis la source marquée A jusqu'au bassin marqué B. Comme la distance du point A au point B est grande, on est obligé de faire plusieurs opérations. Ayant choisi une hauteur commode pour y placer le Niveau, comme au point I, faites planter perpendiculairement au point A proche de sa source, une perche au long de laquelle vous ferez couler une autre perche fendue qui porte le carton L, faites mesurer la distance depuis A jusqu'en I, que nous supposons ici de 1000 toises; & le Niveau étant ajusté au point K, bornayez le haut du carton L, en le faisant hausser ou baisser, comme nous avons dit ci-devant; faites mesurer la hauteur A L, que nous supposons de deux toises un pied cinq pouces; mais à cause de la distance de 1000 toises, suivant la table des haussemens du Niveau apparent par-dessus le vrai Niveau, il faut en soustraire onze pouces, & la hauteur A L ne sera plus par conséquent que de deux toises six pouces, que vous marquerez sur le mémorial. Fig. 4.

Tournez ensuite le Niveau du côté de la perche plantée au point H en sorte que l'oculaire soit du côté de l'œil de l'Observateur; & le Niveau étant ajusté, bornayez le carton G, l'ayant fait hausser le long de la perche jusqu'à ce que son bord supérieur soit dans le rayon visuel de la lunette; faites mesurer la hauteur H G, que l'on suppose de trois toises quatre pieds deux pouces,

faites auſſi meſurer la diſtance du point I au point H, que nous ſuppoſons ici de 650 toiſes, pour laquelle diſtance il faudra ſuivant la Table ſouſtraire 4 pouces 8 lignes de la hauteur H G, laquelle par conſéquent ne ſera plus que de 3 toiſes 3 pieds 9 pouces 4 lignes, que vous marquerez ſur votre mémorial.

Cela fait, tranſportez le Niveau ſur quelqu'autre hauteur d'où vous puiſſiez découvrir la perche H G & l'angle de la maiſon D, dont le rez-de-chauſſée eſt de niveau avec le Baſſin B, qui eſt le terme du nivellement.

Le Niveau étant ajuſté au point E, bornayez la perche H; & le rayon viſuel donnera au point F, faites meſurer la hauteur H F, que nous ſuppoſons être de 11 pieds 6 pouces; faites auſſi meſurer la diſtance H E, que nous ſuppoſons de 500 toiſes, pour laquelle diſtance la Table marque 2 pouces 9 lignes de hauſſement, leſquels étant ôtés de la hauteur H F, il reſtera 11 pieds 3 pouces 3 lignes que vous écrirez au mémorial. Ayant enfin tourné le Niveau pour bornayer l'angle de la maiſon D, faites meſurer la hauteur depuis le point D, où s'eſt terminé le rayon viſuel juſqu'au rez-de-chauſſée, laquelle nous ſuppoſons de 8 pieds 3 pouces. Faites auſſi meſurer la diſtance du point E juſqu'à ladite maiſon, laquelle ſe trouve de 450 toiſes, pour laquelle diſtance la Table marque 2 pouces 3 lignes de hauſſement, leſquels étant ôtés de ladite hauteur il reſtera 8 pieds 9 lignes, que vous écrirez au mémorial.

Ces deux exemples ſuffiront pour tous les cas du Nivellement, ſinon on pourra avoir recours aux Livres qui en traitent.

Maniére d'écrire toutes ces différentes hauteurs ſur le Mémorial.

Ayant trouvé des lieux commodes, comme nous venons de ſuppoſer, pour placer le Niveau entre deux points, il faudra écrire ſur le Mémorial en deux différentes colonnes les hauteurs obſervées, ſçavoir, ſous la premiére colonne celles que l'on a miré, l'œil étant tourné du côté de la ſource A; & ſous la ſeconde colonne, celles qui ont été obſervées du côté du baſſin B, en la maniére ſuivante.

Premiere colonne.

	toiſes.	pieds.	pouc.	lign.
Premiere hauteur corrigée	2	0	6	
Troiſiéme hauteur corrigée	1	5	3	3
	3	5	9	3

Seconde colonne.

	toiſes.	pieds.	pouc.	lig.
Seconde hauteur	3	3	9	4
Quatriéme hauteur	1	2	0	9
	4	5	10	1

Ayant ajoûté enſemble les hauteurs de la premiére colonne & enſuite celles de la ſeconde, ſouſtrayez la premiere addition de la ſeconde,

	toiſes.	pieds.	pouces.	lignes.
c'eſt-à-dire, de	4	5	10	1
ôtez	3	5	9	3
reſte	1	0	0	10

Il y a donc une toise dix lignes de pente depuis la source A, jusqu'au bassin B.

Si l'on veut en sçavoir la distance, il n'y aura qu'à ajoûter ensemble toutes celles qui ont été mesurées; Sçavoir,

La premiere de	1000 toises.
La seconde de	600
La troisiéme de	500
La quatriéme de	450
Total des distances	2600 toises.

Enfin divisant la pente par le nombre des toises de distance, on trouvera qu'il y a pour chaque centaine de toises, un peu plus de deux pouces neuf lignes de pente.

CHAPITRE III.

De la construction & de l'usage de la Jauge pour le partage des eaux.

CEtte Jauge sert à connoître la quantité d'eau que fournit une source. On la fait ordinairement d'un vaisseau parallélipipede rectangle, de cuivre bien soudé, d'environ un pied de long sur huit pouces de large & autant de hauteur plus ou moins suivant la quantité d'eau qu'on veut mesurer. On y perce plusieurs trous circulaires très-exactement; les uns d'un pouce de diamétre pour qu'il y passe un pouce d'eau, d'autres d'un demi-pouce pour qu'il y passe un demi-pouce d'eau, & d'autres d'un quart de pouce pour qu'il y passe un quart de pouce d'eau. Tous ces trous doivent être percés de maniére que leurs centres soient à même hauteur. Les extrémités supérieures des trous d'un pouce doivent être à deux lignes près du haut de la Jauge; on bouche ces trous avec de petites plaques de cuivre quarrées, qui y sont ajustées dans des coulisses marquées 1, 2, & 3. Il y a une bande de cuivre mince qui traverse le vaisseau à l'endroit marqué 4. Elle est arrêtée à environ un pouce du fond, & percée de plusieurs trous afin que l'eau y passe plus librement. Elle est faite pour recevoir le choc de l'eau qui tombe de la source dans ladite Jauge & empêcher qu'elle ne fasse point de vagues, & faire qu'elle sorte plus naturellement par les ouvertures.

Il est à remarquer que les trous qui donnent un pouce cylindrique d'eau doivent avoir 12 lignes juste de diamétre; celui d'un demi-pouce doit avoir 8 lignes & demie, & celui d'un quart de pouce doit être de 6 lignes juste. Cela se trouve facilement par le calcul.

Pour se servir de cet Instrument, il faut le placer de maniére que son fond soit horisontal & ses côtés bien perpendiculaires, puis faire entrer dans la Jauge l'eau de la source par le moyen d'un tuyau, comme la figure le marque; & lorsqu'elle sera pleine environ une ligne près du bord, on ouvrira une des ouvertures, comme celle d'un pouce; si l'eau reste toujours à même hauteur dans la Jauge, c'est une marque qu'il y entre autant d'eau qu'il en sort, & que la source fournit un pouce d'eau. Mais si l'eau augmentoit dans le vaisseau, il faudroit faire une autre ouverture, soit

d'un pouce, d'un demi ou d'un quart de pouce, de sorte que l'eau reste toujours à même hauteur dans la Jauge, c'est-à-dire, à une ligne au-dessus des trous d'un pouce, alors le nombre des trous ouverts donnera la quantité d'eau que fournit la source.

Le petit vase qui reçoit l'eau qui sort de la Jauge, est fait pour sçavoir combien la source en fournit dans un espace de tems déterminé; car ayant une pendule à secondes bien réglée, & remarquant le nombre de secondes qu'elle marque lorsque vous placerez le vaisseau sous le canal d'un pouce d'eau, & voyant combien il s'est passé de secondes ou de minutes dans le tems qu'il a été à s'emplir, & ensuite mesurant exactement la quantité d'eau qu'il contient, on dira : Cette source fournit tant d'eau par heure.

On a fait plusieurs expériences bien justes à ce sujet, & on a trouvé qu'une source qui donnoit 1 pouce d'eau, en fournissoit 14 pintes mesure de Paris en une minute de tems de celle qui pese deux livres la pinte.

Il s'ensuit de là qu'un pouce d'eau donnera dans l'espace d'une heure 3 muids mesure de Paris, & en 24 heures 72 muids.

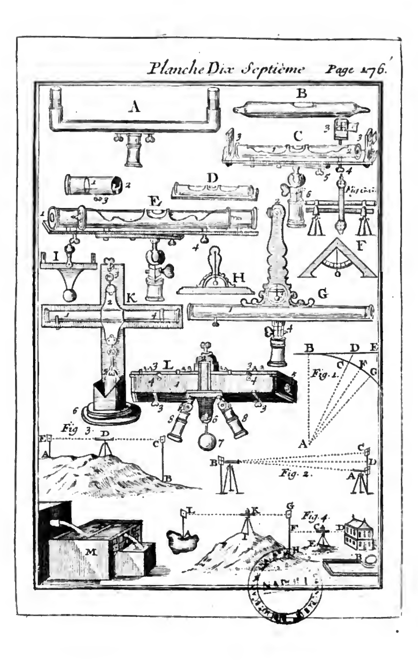
Si l'on plaçoit sous la Jauge un vaisseau cubique contenant un pied cube, & qu'on y fit couler l'eau par l'ouverture d'un pouce, on verroit que ce vaisseau seroit rempli dans l'espace de deux minutes & demie; d'où il suit que c'est 14 pintes par minute que fournit la source, puisqu'elle a fourni 35 pintes en deux minutes & demie.

On sçaura par ce moyen les pouces d'eau que donne une fontaine ou ruisseau coulant; car si l'on avoit reçu par exemple 7 pintes d'eau en une seconde, on diroit que cette eau coulante est d'un pouce. Si elle en fournissoit 21 pintes, on diroit qu'elle est de trois pouces, & ainsi des autres.

Pour mesurer l'eau courante dans un Aquéduc ou Riviere, qu'on ne peut recevoir dans une Jauge, on mettra sur l'eau une boule de cire chargée de matiére un peu plus pesante, en sorte qu'il ne passe que fort peu de cire au-dessus de la surface de l'eau, de peur du vent; & après avoir mesuré une longueur de 15 ou 20 pieds de l'Aquéduc ou Riviere, on connoîtra avec une pendule à secondes en combien de tems la boule de cire emportée par le cours de l'eau passera cette distance; ensuite on multipliera la largeur de l'Aquéduc par la hauteur de l'eau; & le produit étant multiplié par l'espace qu'aura parcouru la boule de cire, le dernier produit marquera toute l'eau qui aura passé pendant le tems qu'on aura remarqué, par une section de l'Aqueduc.

On suppose par exemple que dans un Aquéduc large de deux pieds & haut d'un pied, la cire ait parcouru 30 pieds en 20 secondes, ce sera un pied & demi par seconde; mais comme l'eau va plus vîte au haut qu'au fond, il ne faut prendre que 20 pieds parcourus, ce qui sera un pied par seconde : or le produit d'un pied de haut par deux de large, est deux, qui multipliés par 20 de longueur sont 40 pieds cubes, ou 40 fois 35 pintes d'eau, qui sont 1400 pintes en 20 secondes. Mais si 20 secondes donnent 1400 pintes, 60 secondes en donneront trois fois autant, sçavoir 4200 pintes. Ainsi divisant 4200 par 14 (qui est le nombre de pintes qu'un pouce d'eau donne en une minute ou en 60 secondes) on trouvera le quotient de 300, qui sera le nombre des pouces que donnera l'eau de l'Aquéduc.

M. Mariotte qui a sçavamment écrit sur le mouvement des eaux, est du sentiment que les Fontaines ne sont autre chose que les eaux de la pluie, qui



A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig 3.
Fig. 4.

qui passant par de petits canaux au travers de la terre rencontrent souvent un tuf ou terre glaise qu'elles ne sçauroient pénétrer, ce qui les oblige de se faire passage par les côtés, & ces eaux ressortissant à l'air forment des Fontaines. Pour prouver ce systeme il rapporte l'expérience suivante.

Ayant fait faire un vase quarré de deux pieds qu'il avoit exposé à la pluie pendant plusieurs années, il a remarqué que l'eau montoit dans ce vase chaque année l'une portant l'autre à 18 pouces. Mais il veut bien ne la prendre qu'à 15 pouces: & sur ce pied une toise recevroit en un an 45 pieds cubes.

Cet Auteur suppute aussi l'étendue du terrein qu'il prétend devoir fournir l'eau à la Seine; & il trouve que la Seine n'est pas la sixiéme partie si grosse qu'elle le devroit être. Il a encore observé qu'elle n'avoit que 10 pouces de pente par 1000 toises vis-à-vis les Invalides. Il prouve encore que sur ce pied la plus grande Fontaine de Montmartre, quand elle est plus abondante, ne fourniroit pas même ce que la terre qui la surmonte devroit lui envoyer d'eau. Il conclud de là, qu'il faut qu'il s'en perde beaucoup dans les terres.

Pour sçavoir le choc que doit produire l'eau, l'expérience fait connoître que l'eau accélére son mouvement selon les nombres 1, 3, 5, 7; c'est-à-dire que si en un quart de seconde elle descend d'un pied dans le tuyau, elle descendra de trois pieds pendant l'autre quart de seconde.

Les quantités d'eau qui sortent par des ouvertures égales faites au-dessous des réservoirs de différentes hauteurs, font entre elles en raison de leurs hauteurs. Les Tables ci-après feront connoître les dépenses d'eau à différentes élévations.

Table de dépense d'eau en une minute à trois lignes de diamétre d'ajutoir à différentes hauteurs de Réservoir.

Hauteurs des Réservoirs. Pieds.	Dépense d'eau à trois lignes d'ajutoir. Pintes.
6	6
9	11
12	14
18	16
25	19
30	21
40	24
52	28

Table de dépense d'eau en une minute par différens ajutoirs à une même hauteur de Réservoir.

Diamétre de différens ajutoirs. Lignes.	Dépense d'eau. Pintes.
2	1
2	6
3	14
4	25
5	39
6	56
7	76
8	110

Table des hauteurs des Jets d'eau aux différentes hauteurs de Réservoir.

Hauteurs des Jets d'eau. Pieds.	Hauteurs des Réservoirs. Pieds.	Pouc.
6	6	1
10	10	4
20	21	4
30	33	
40	45	4
50	58	4
60	72	
70	86	4

On voit par ces Tables qu'un ajutoir une fois plus grand dépense le quadruple d'un autre une fois plus petit. En effet celui de trois lignes dépense en une minute 14 pintes, & celui de 6 lignes dépense 56 pintes. Il est aussi à remarquer qu'il ne faut pas faire les ajutoirs en cône, mais en cylindre, ni que les conduits excédent de beaucoup le lieu de l'ajutoir.

CHAPITRE IV.

Contenant la construction & les usages des Instrumens servans à l'Artillerie.

Construction du Compas de calibre.

Planche XVIII. Fig. A. CEt Instrument est fait de deux branches de cuivre : étant fermé il est d'environ 6 à 7 pouces de long. Chaque branche a quatre lignes de largeur sur trois d'épaisseur.

Le mouvement de la tête est semblable à celui des pieds de Roi ; ses bouts sont recourbés & garnis d'acier aux extrémités.

Il y a une espéce de languette attachée à une des branches dont le mouvement est comme celui de la tête, pour la hausser ou baisser, afin que le bout qui doit être mince & garni d'acier puisse entrer & s'arrêter à des crans que l'on fait dans l'épaisseur de l'autre branche. On marque au-dedans de cette branche les diamétres qui conviennent au poids des boulets de fer en cette façon. Il faut avoir une régle sur laquelle sont marquées les divisions des poids des boulets & du calibre des piéces dont la méthode sera expliquée en parlant de l'Instrument qui suit. Ayant donc une régle préparée, on ouvre le Compas de calibre, en sorte que ses bouts intérieurs conviennent à l'ouverture de chaque point de division qui marque le poids des boulets ; alors on fait un cran à chaque ouverture avec une lime triangulaire, afin que le bout de la languette entrant dans chacun de ces crans arrête l'ouverture à chaque nombre juste des poids des boulets. On les marque ordinairement depuis un quart de livre jusqu'à 48 livres, & même souvent jusqu'à 64 On trace des lignes sur la surface de cette branche, vis-à-vis des crans, afin de marquer par des chifres le nombre de livres qui leur conviennent.

L'usage de cet Instrument est facile, car il n'y a qu'à faire passer les boulets qu'on veut mesurer, en sorte que les deux bouts intérieurs embrassent justement son diamétre ; pour lors la languette étant mise dans le cran convenable, elle marquera le poids du boulet.

Il doit toujours y avoir une certaine proportion dans la largeur des pointes de ce Compas, de sorte que faisant un angle comme la figure le montre à chaque ouverture, l'intérieure donne le poids du boulet, & l'extérieure donne le calibre des piéces, c'est-à-dire, que portant les bouts extérieurs des ces pointes au diamétre de l'embouchure d'un canon, la languette étant placée au cran nécessaire, fera connoître le poids du boulet qui lui convient. On sçait assez qu'il faut qu'il y ait un peu de jeu autour du boulet.

dans l'ame du canon, & c'est ce qu'on nomme calibre des piéces, qui excede toujours un peu le calibre des boulets à proportion de sa grosseur.

Construction de l'Equerre des Canoniers.

CEtte Equerre sert à élever ou baisser les canons & mortiers suivant les lieux où on veut les pointer. Elle est faite de cuivre & a une branche d'environ un pied de longueur sur 8 lignes de largeur & une ligne d'épaisseur. L'autre branche a 4 pouces de long, & est de la même largeur & épaisseur que l'autre branche. Entre ces deux branches il y a un Quart de cercle divisé en 90 dégrés à commencer du bras le plus court, avec une soie chargée d'un plomb & attachée à son centre.

L'usage de cet Instrument est facile : il n'y a qu'à placer la grande branche dans l'embouchure du canon ou du mortier & l'élever ou le baisser, jusqu'à ce que la soie qui porte le plomb coupe le dégré nécessaire pour tirer au lieu proposé.

On met aussi le plus souvent sur une des surfaces de la grande branche la division des diamétres & poids des boulets de fer, aussi-bien que celle du calibre des piéces.

Pour faire cette division, il faut premierement être fondé sur une expérience ou deux, en examinant avec toute l'exactitude possible le diamétre d'un boulet dont on connoisse le poids bien juste. Ayant trouvé, par exemple, qu'un boulet pesant 4 livres a 3 pouces de diamétre, il sera facile de faire une table qui contienne les poids & diamétres de tels autres boulets qu'on voudra, puisque par la 18[me] proposition du 12[me] Livre d'Euclide, les boulets sont entre eux comme les cubes de leurs diamétres, d'où il suit que les diamétres sont entre eux comme les racines cubiques des nombres qui expriment leurs poids.

Ayant donc connu par l'expérience qu'un boulet de fer pesant 4 livres, a 3 pouces de diamétre ; si l'on veut sçavoir le diamétre d'un boulet de 32 livres, on dira par une régle de proportion : 4 est à 32, comme 27 (cube de 3) est un 4[me] nombre, (qui sera 216) dont la racine cubique (6 pouces) sera le diamétre d'un boulet de 32 livres.

Ou bien l'on cherchera la racine cubique de ces deux nombres 4 & 32, ou plutôt de 1 & de 8, qui sont en même proportion, & l'on trouvera que 1 est à 2, comme 3 est à 6, ce qui revient au même.

Mais comme tous les nombres n'ont pas de racines justes, on pourra se servir de la Table des côtés homologues des solides semblables, rapportée ci-devant au Traité du Compas de proportion. Si donc par ce moyen on veut avoir le diamétre d'un boulet de 64 livres, on formera une régle de Trois, dont le premier terme sera 397 (côté du 5[me] solide) le second sera 3 pouces, ou plutôt 32 lignes de diamétre du boulet de 4 livres ; le 3[me] terme sera de 1000, (côté du 64[me] solide) ; & la régle étant achevée on aura 90 lignes trois quarts pour le diamétre d'un boulet de 64 livres ; ensuite pour faciliter les opérations des autres régles de Trois, on prendra toujours pour premier terme le nombre 1000 ; pour le second 90 lignes trois quarts ; & pour le 3[me] le nombre qui se trouvera dans ladite Table vis-à-vis celui qui exprime le poids du boulet. Ainsi pour trouver le diamétre d'un

d'un boulet qui soit par exemple de 24 livres, on dira : Comme 1000 sont à 90 lignes trois quarts, ainsi 721. La régle étant faite, on trouvera 65 lignes, qui font cinq pouces & cinq lignes. C'est par cette méthode qu'on a calculé la table suivante.

Table contenant les poids & diamétres des boulets de fer & ceux des calibres des piéces les plus en usage dans l'Artillerie.

Poids du boulet.	*Pouces.*	*Lignes.*	Calibres des piéces.	*Pouces.*	*Lignes.*
1 quart de liv.	1	2 1 quart.	1 quart de l.	1	3 o
une demie liv.	1	6 o	une demie l.	1	6 3 quarts.
une livre....	1	10 5 huitiém.	une livre..	1	11 6 huitiém.
2	2	4 1 demie.	2	2	5 3 quarts.
3	2	8 2 tiers.	3	2	10 o
4	3	o o	4	3	1 1 quart.
5	3	2 3 quarts.	5	3	4 1 quart.
6	3	5 o	6	3	6 7 huitiém.
7	3	7 1 quart.	7	3	9 1 huitiém.
8	3	9 3 huitiém.	8	3	11 1 huitiém.
9	3	11 o	9	4	1 1 quart.
10	4	o 3 quarts.	10	4	2 3 quarts.
12	4	3 3 quarts.	12	4	5 3 quarts.
16	4	9 o	16	4	11 1 demie.
Livres. 18	4	11 1 tiers.	18	5	1 2 tiers.
20	5	1 1 demie.	20	5	4 o
24	5	5 o	24	5	8 o
27	5	8 7 huitiém.	27	5	10 2 tiers.
30	5	10 1 demie.	30	6	1 1 tiers.
33	6	o 3 quarts.	33	6	3 1 demie.
36	6	2 3 quarts.	36	6	5 3 quarts.
40	6	5 1 demie.	40	6	8 1 demie.
48	6	10 o	48	7	1 3 quarts.
50	6	11 1 demie.	50	7	2 3 quarts.
64	7	6 3 quarts.	64	7	10 1 quart.

Du Compas à pointes courbes.

CE Compas ne différe point pour la construction des autres Compas dont nous avons parlé ci-devant, sinon que l'on démonte ses pointes des deux côtés pour en placer des courbes, qui servent à prendre la grosseur des boulets & à les rapporter sur la régle de calibre, afin d'en connoître le poids. Mais quand on veut connoître le calibre des piéces, on démonte les pointes courbes pour y en mettre des droites, avec lesquelles on prend les diamétres des bouches de canons, & ensuite on les rapporte sur la ligne du calibre des piéces, laquelle est aussi marquée sur la régle, & par ce moyen on connoîtra le poids du boulet convenable à la piéce de canon,

Construction de l'Instrument à pointer les Canons & les Mortiers.

CEt Instrument est composé d'une plaque de cuivre triangulaire d'environ quatre pouces de hauteur, au bas de laquelle est une portion de cercle divisée en 45 dégrés, ce nombre étant suffisant pour tirer une piéce à toute volée & donner au Boulet la plus longue portée, comme nous l'expliquerons ci-après. Il y a une piéce de cuivre attachée au centre de la portion de cercle avec une vis pour la resserrer ou lui donner un mouvement libre selon les besoins. Fig. D.

Cette piéce est renforcée par le bas, pour servir de plomb ; elle est pointue par le bout, afin de marquer sur les dégrés les différentes élévations des piéces d'artillerie. Il y a aussi une espéce de pied de cuivre qui s'apuie sur les mortiers & canons, en sorte que tout l'Instrument se tient perpendiculaire quand la piéce est placée horisontalement.

Son usage est fort facile. Il n'y a qu'à poser le pied sur la piéce qu'on éleve, de telle sorte que la pointe du plomb donne sur le dégré convenable, & c'est ce qu'on nomme *pointer une piéce.*

Du Pied à niveau pour l'Artillerie.

L'Instrument marqué E, est nommé Pied à niveau. Nous en avons donné la construction en parlant des Pieds & des Equerres. Quand on veut s'en servir pour l'artillerie, on divise la languette qui sert à la maintenir à angles droits en 90 dégrés, ou plutôt en deux fois 45, dont le commencement se compte du milieu. La soie qui porte le plomb est attachée au centre de cette division. Les deux bouts des régles de cet Instrument sont échancrés, de maniére que le plomb tombe perpendiculairement sur le milieu de la languette, lorsqu'il est posé de niveau. Fig. F.

Pour s'en servir on pose les deux bouts sur les piéces d'artillerie, que l'on éléve à la hauteur proposée, par le moyen du plomb dont la soie marque les dégrés.

Sur la surface des branches de cette Equerre, qui s'ouvre toute droite comme une régle, on marque les poids & diamétres des boulets, aussi-bien que les calibres des piéces, comme nous l'avons expliqué en parlant de l'Equerre des Canoniers, pour s'en servir de même.

Construction d'un autre Instrument pour calibrer les Mortiers, les Canons & les Fusils : pour connoître le diamétre des Bombes, le poids des boulets de fer & le diamétre des Balles de plomb, depuis huit jusqu'à trente-six à la livre.

LA petite figure E E peut donner une idée assez juste de cet Instrument. On le fait de cuivre ou autre métal solide. Le bord extérieur de la régle qui est horisontale est divisé pour le calibre des canons, depuis une demi-livre jusqu'à 64 livres ; & le bord intérieur est divisé pour le poids des boulets ; l'autre côté de cette régle est divisé en pouces & lignes du pied de Roi. Elle a huit à dix pouces de longueur : on la peut faire plus longue si l'on veut pour avoir le calibre des Mortiers & le diamétre Fig. EE.

des Bombes d'un plus gros volume. Cette régle a un bon pouce de largeur sur une ligne & demie d'épaisseur.

Les deux régles ou branches (qui sont verticales & de la même longueur & épaisseur que la précédente) s'emboëtent juste dans la régle horisontale par le moyen de deux plaques de laiton qu'on attache au bas desdites branches & aux deux petites branches qui font l'Equerre, & qui sont au bas desdites grandes branches : Cela doit être ajusté de maniére qu'elles emboëtent juste la régle horisontale, & que la branche qui est à droite coule juste le long de ladite régle. La branche qui est à gauche est fixe dans les opérations ; elle est bouchée par le bout de la boëte & arrêtée par la vis qui est dessous, l'autre coule & s'arrête avec une autre vis qui est aussi dessous aux points de division dont on a besoin. Il est à remarquer que ces branches doivent être bien paralléles & placées bien à l'Equerre sur la régle ; c'est en cela que consiste la justesse de l'Instrument.

Il faut que la division pour le poids des Boulets commence de la boëte fixe à un pouce une ligne pour la demi-livre de fer ; le reste de la division se fera suivant la Table ci-devant. La division pour le calibre des piéces commence aussi de la boëte fixe pour le calibre du Canon d'une demi-livre de balle ; le reste de la division se fera aussi suivant la Table ci-devant, en sorte qu'il faut que le dehors des deux branches marque juste le calibre des canons, & que le dedans desdites branches marque le diamétre & le poids des boulets, c'est ce qui détermine à peu près la largeur des branches, qui doivent avoir environ sept lignes de large.

Les deux petites branches ou régles, qui sont au bas des deux grandes, sont pour connoître le calibre des Fusils depuis 8 jusqu'à 32 de balles à la livre, & le diamétre des Balles. Ces branches sont d'environ un pouce & demi de longueur sur deux lignes de largeur. Il y a derriere la boëte qui coule une petite Table sur laquelle est tracé le nombre de balles à la livre, qui est calculée suivant leur diamétre ; ce qui se fait aisément avec le compas de proportion sur la ligne des métaux. Pour s'en servir il y a une piéce attachée sur la boëte fixe, qui marque ces diamétres sur ladite Table, en éloignant ou en approchant les deux petites branches l'une de l'autre. Le dedans marque le nombre de balles à la livre, & le dehors marque le calibre des Fusils.

Vers le haut de la branche mobile on y fait une entaille pour y ajuster à charniére, comme à un demi-pied, une petite régle sur laquelle on trace une portion de cercle de 45 dégrés. On met un plomb qui est attaché au centre avec une vis. On peut aisément démonter cet Instrument, pour mettre ces trois piéces dans un étui.

Usage de l'Instrument.

POur prendre le calibre des Mortiers il faut mettre les branches dans le Mortier, en sorte qu'elles touchent les deux côtés concaves. Le bord de la boëte de la branche mobile marquera sur la division des pouces & lignes (qui sont marqués sur un côté de la régle horisontal) la quantité de pouces & de lignes que le Mortier en contiendra. Pour connoître le diamétre de la Bombe, il faut que le dedans des branches embrasse juste

la Bombe, & le bord de la boëte mobile marquera sur la régle les pouces & lignes que la Bombe en contiendra.

Pour prendre le calibre des Canons on fait entrer les deux branches dans la volée de la piéce, ensorte qu'elles touchent juste les parois; le bord de la boëte mobile marquera sur la régle le calibre de la piéce en comptant le chifre de la division où est marqué, *calibre des piéces*. On connoîtra pareillement le poids des Boulets en faisant couler la branche mobile, jusqu'à ce que le dedans des deux branches embrasse juste le diamétre du boulet; le bord de la boëte mobile marquera le poids du boulet, sur la division marquée sur la régle, *poids des boulets*.

Pour connoître le calibre des Fusils on retournera l'Instrument, & l'on fera entrer les petites branches dans le canon du Fusil en sorte qu'elles touchent les parois. La boëte mobile marquera sur la petite Table le calibre & la quantité de balles à la livre, & le dedans des deux petites branches fera le diamétre de la balle.

Pour tirer le Canon horisontalement ou à tel dégré d'élévation, il faut mettre le bout de la régle dans la volée du canon; ouvrir la portion de cercle, lâcher la vis du plomb pour qu'il soit bien libre, puis élever ou baisser la piéce suivant le dégré que l'on souhaitera.

En posant la régle sur le côté du Mortier, on connoîtra de même les dégrés d'élévation pour le jet des Bombes. On connoîtra aussi le niveau en lâchant la vis du plomb, & posant l'Instrument perpendiculairement sur les petites branches, on connoîtra le niveau par le moyen du plomb tombant sur la ligne verticale.

La pratique de cet Instrument est très-aisée. Le Roi en a fait faire plusieurs pour être mis dans les magasins d'Artillerie.

L'Instrument marqué F est encore pour pointer les Canons & les Mortiers. Il est à peu près semblable à celui marqué D, excepté que la piéce où est la division des dégrés est mobile par le moyen d'un clou rond, c'est-à-dire, qu'elle s'ouvre en portion de cercle, & s'ajuste au long de l'autre branche, afin que l'Instrument tienne moins de place & se mette plus facilement dans un étui. Sa figure fait assez connoître sa construction, & ses usages sont les mêmes que ceux des précédens Instrumens.

Explication sur l'effet du Mortier & du Canon.

LA figure G représente un Mortier sur son affut, élevé & disposé pour jetter une Bombe dans une Citadelle; & la ligne courbe représente la trace que fait en l'air la Bombe depuis la sortie du Mortier jusqu'à sa chute. Cette courbe est selon les Géométres une ligne parabolique, parce que les propriétés de la parabole lui conviennent. Car le mouvement de cette Bombe est composé de deux mouvemens, dont l'un est égal & uniforme, qui lui vient du feu de la poudre qui l'a poussée, & l'autre est uniformément acceléré, qui lui est communiqué par sa propre pésanteur. Il nait de la composition de ces deux mouvemens la même proportion qui se rencontre entre les portions de l'axe & les ordonnées de la parabole, comme l'a très-bien démontré M. Blondel dans son Livre intitulé, *l'Art de jetter les Bombes*. Fig. G.

Maltus Ingénieur Anglois a été le premier qui a mis les Bombes en usage en France l'an 1634. Toute sa science étoit purement d'expérience ; il ne connoissoit point la nature de la ligne courbe qu'elles décrivent dans l'air par leur passage, ni la distance de leurs portées suivant les différentes élévations du mortier, qu'il ne pointoit qu'en tâtonnant, ou pour mieux dire, par l'estime qu'il faisoit de l'éloignement du lieu où il vouloit jetter la Bombe, suivant lequel il lui donnoit plus ou moins d'élévation, prenant garde si les premiers coups étoient justes ou non, afin de bailser son mortier si sa portée étoit trop courte, ou le hausser si elle alloit au-delà de son but, se servant à cet effet d'une Equerre avec son plomb à peu près comme celle dont nous avons parlé ci-devant.

La plûpart des Officiers, qui ont servi depuis aux batteries des Bombes, sont des éléves de Maltus. Ils sçavent à peu près par expérience l'élévation qu'on doit donner au Mortier, pour le faire porter à la distance qu'ils souhaitent, & ont soin d'augmenter ou de diminuer cette élévation à proportion que la Bombe se trouve plus ou moins éloignée ou en-deçà ou en-delà du but.

Il y a cependant des régles certaines fondées sur la Géometrie pour connoître la différente étendue des portées non seulement des Bombes, mais aussi du Canon en toutes sortes d'élévations. Car la ligne tracée en l'air par le Boulet sorti du Canon est aussi parabolique en toutes sortes de projections, non seulement obliques, mais même horisontales, comme le montre la figure H.

Fig. H.

Le Boulet au sortir de la piéce ne va jamais droit au but vers lequel elle est pointée, mais il se détourne de la ligne de direction, en montant dès le moment qu'il sort de la bouche, parce que les grains de poudre qui sont les plus proches de la culasse s'allumant les premiers, poussent par leur mouvement précipité non seulement le Boulet mais même les autres grains de la poudre qui suivent le Boulet, au long du fond de l'arme, où s'allumans l'un après l'autre, ils frapent quasi chaque Boulet vers le dessous, qui n'étant pas de calibre (à cause du jeu qu'il doit nécessairement avoir dans la piéce) est élevé insensiblement vers le bord supérieur de la bouche, contre lequel ce boulet frotte tellement en sortant, qu'aux piéces qui ont beaucoup servi & dont le métal est doux, l'on remarque un canal considérable que le Boulet en sortant y a creusé peu à peu par ce frottement. Ainsi le Boulet sortant du canon, comme par le point *e*, s'éléve en s'écartant jusqu'au sommet de la parabole, comme au point *g*, après quoi il descend par un mouvement mixte comme vers *b*.

Les coups tirés à l'élévation de 45 dégrés ont les plus longues portées ; & c'est ce que les Canoniers appellent *tirer à toute volée*. & les coups tirés sous l'élévation des points également éloignés de 45 dégrés ont des portées égales, c'est-à-dire, qu'une piéce de Canon ou un Mortier pointé au 40me dégré chasse justement aussi loin que s'il étoit pointé à 50 dégrés, & au 30 autant qu'au 60, & ainsi des autres, comme il paroit par la figure I, au bas de la planche 18.

XVIII. Planche. Fig. 1.

Le premier qui a bien raisonné sur cette matiére est Galilée premier & principal Ingénieur du Grand Duc de Toscane, & après lui Toricelli son successeur.

Ils ont expliqué que pour connoître les différentes portées des *coups de*

de volée d'une piéce d'artillerie ou d'un Mortier en toute sorte d'élévation, il falloit avant toutes choses en faire une épreuve bien exacte en tirant la piéce de Canon ou le Mortier sous un angle bien connu & en mesurant l'étendue de la portée avec toute la précision possible, car une seule expérience sûre & fidéle conduit à la connoissance de tous les autres effets par la méthode suivante.

Pour sçavoir l'étendue & la portée de votre piéce à telle autre élévation qu'il vous plaira, formez cette analogie : Comme le sinus du double de l'angle de l'élévation (sous laquelle l'expérience a été faite) est au sinus du double de l'angle de l'élévation proposée, ainsi l'étendue de la portée connue par l'expérience, sera à la portée de l'élévation proposée.

Si donc ayant fait l'expérience de votre piéce élevée de 30 dégrés, vous avez trouvé qu'elle ait chassé précisément à la longueur de mille toises, il faut (pour sçavoir quelle sera la portée de la même piéce avec la même charge, lorsqu'elle sera élevée à l'angle de 45 dégrés) prendre le sinus de 60 dégrés double de 30, qui est 8660, & en faire le premier terme d'une régle de trois, dont le second sera le sinus de 90 dégrés, double de 45 que l'on propose, qui est 10000. Le troisiéme terme doit être le nombre des mesures de l'expérience, qui est ici mille toises, & le quatriéme terme de la régle se trouvera 1155 toises pour la portée de la piéce élevée de 45 dégrés.

Que si l'angle de l'élévation popofée est plus grand que 45 dégrés, il ne faut pas le doubler pour avoir le sinus que la régle demande ; mais il faut en sa place prendre le sinus du double de son complément à l'angle droit : comme si l'on propose l'élévation de la piéce à l'angle de 50 dégrés, il faut prendre le sinus de 80 dégrés double de 40, qui fait le complément à l'angle droit du proposé de 50 dégrés.

Mais si l'on vous propose une étendue déterminée, à laquelle on veut que la piéce chasse, pourvû que cette étendue ne soit pas plus grande que celle de l'élévation de 45 dégrés pour trouver l'angle de l'élévation qu'il faut donner à la piéce pour qu'elle fasse l'effet proposé, comme si l'on veut que le Canal ou le Mortier porte à la distance de 800 toises ou telle autre mesure qu'il vous plaira, il faut que l'étendue trouvée par l'expérience (comme celle de 1000 toises) soit le premier terme de la régle de trois ; la portée proposée de 800 toises le second ; & que le troisiéme terme soit 8660 qui est le sinus de 60 dégrés double de 30. La régle étant faite, on trouvera pour quatriéme terme 6928, qui est le sinus de 43 dégrés 52 minutes, dont la moitié 21 dégrés 56 minutes est l'angle de l'élévation qu'il faut donner à la piéce pour faire l'effet proposé ; & si vous ôtez les 21 dégrés 56 minutes de 90 dégrés, vous aurez l'angle de complément 68 dégrés 4 minutes que vous pourrez prendre pour l'élévation de votre piéce, car elle chassera également loin, en l'élévant de 21 dégrés 56 minutes ou à celui de son complément 68 dégrés 4 minutes.

Pour plus grande facilité, & pour ôter l'embarras de chercher le sinus du double des angles des élévations proposées, Galilée & Toricelli ont fait la Table suivante, dans laquelle on voit tout d'un coup les sinus des angles que l'on cherche.

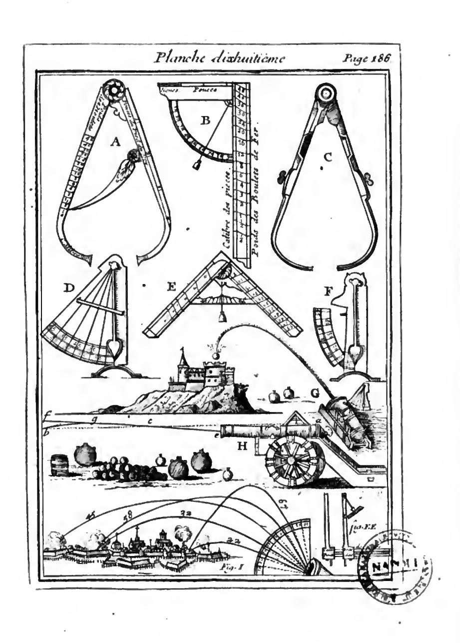
Table des sinus servans au jet des Bombes.

Dégrés.	Dégrés.	Portées.	Dégrés.	Dégrés.	Portées.
90	0	0	0	0	0
89	1	349	66	24	7431
88	2	698	65	25	7660
87	3	1045	64	26	7880
86	4	1392	63	27	8090
85	5	1736	62	28	8290
84	6	2709	61	29	8480
83	7	2419	60	30	8660
82	8	2556	59	31	8829
81	9	3090	58	32	8988
80	10	3420	57	33	9135
79	11	3746	56	34	9272
78	12	4067	55	35	9397
77	13	4384	54	36	9511
76	14	4695	53	37	9613
75	15	5000	52	38	9703
74	16	5299	51	39	9781
73	17	5592	50	40	9848
72	18	5870	49	41	9903
71	19	6157	48	42	9945
70	20	6428	47	43	9976
69	21	6691	46	44	9994
68	22	6947	45	45	10000
67	23	7193			

L'usage de cette Table est facile, il ne faut que sçavoir faire une régle de trois. Supposons, par exemple, que vous ayez reconnu par expérience qu'un Mortier élevé de 15 dégrés chargé de 3 lignes de poudre menue, ait chassé une Bombe à 350 toises de distance, & que vous vouliez avec la même charge jetter une pareille Bombe à 100 toises plus loin; cherchez dans la Table le nombre qui est à côté de 15 dégrés vous trouverez 5000. Formez ensuite cette régle de trois : Comme 350 sont à 450, ainsi 5000 est à un 4me nombre, qui se trouvera 6428. Cherchez ce nombre ou le plus approchant dans la Table, & vous le trouverez à côté de 20 & de 70, ce qui signifie, qu'élevant votre Mortier à 20 ou à 70 dégrés, il fera l'effet proposé, & ainsi des autres.

Le Roi a depuis peu de tems établi cinq Ecoles dans cinq différentes villes de son Royaume, pour perfectionner les Officiers d'Artillerie. Il y a des Professeurs en Mathématique, & on y fait toutes les épreuves & les expériences nécessaires pour former un bon Officier de Guerre.

Fin du cinquiéme Livre.


A
B
C
D
E
F
G
H
Calibre des pieces
Poids des Boulets de Fer
Pouces
Fig. I
Fig. II





DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES INSTRUMENS QUI SERVENT A L'ASTRONOMIE,

Tiré des Tables Astronomiques de M. de la Hire, & des Observations de l'Académie Royale des Sciences.

LIVRE SIXIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

De la construction & des usages du Quart de cercle Astronomique.



E Quart de cercle, dont les Astronomes se servent dans leurs observations, a pour l'ordinaire trois pieds ou trois pieds & demi de rayon mesure de Paris, pour qu'il puisse être facilement manié & transporté. Son bord est divisé en dégrés & minutes, afin que les observations se puissent faire avec exactitude. *Planche XIX. Fig. 1.*

Cet Instrument est composé de plusieurs régles de cuivre ou de fer bien écroui au marteau & de médiocre épaisseur, dont la lar-

geur doit être paralléle à son plan. Il y a encore d'autres régles de fer ou de cuivre ajustées & jointes derriere les premiéres, de façon que leur largeur est perpendiculaire au plan du Quart de cercle. Ces régles sont jointes ensemble par de petites oreilles & des vis par le moyen desquelles se fait tout l'assemblage de cet Instrument, qui doit être bien droit en tout sens, ferme & de médiocre pesanteur. Le derriére du limbe doit être renforcé d'une régle courbe, aussi de même métal. On ajoûte au centre une lame circulaire, épaisse & solide, pour servir aux usages que nous exposerons ci-après. Le bord & la lame du centre sont un peu élevés au-dessus du plan de l'Instrument & sont recouverts de lames de cuivre bien polies. Sur toutes choses il faut avoir grand soin en cette construction que la lame du centre & le limbe circulaire soient exactement en une même surface plane.

Fig. 2. La lame de fer circulaire, qui est au centre & recouverte d'une autre de cuivre, doit avoir en son milieu un trou rond dont le diamétre soit d'environ un tiers de pouce. On met dans ce trou un cylindre de cuivre bien tourné, lequel s'éléve tant soit peu au-dessus de ladite lame centrale.

Au centre de la base de ce cylindre on ajuste la pointe d'une aiguille très-déliée, dont la longueur est inférée dans un petit Canal demi-circulaire, & qui y est retenue par le moyen d'un petit ressort, qui la pressant la tient le long de ce Canal, afin que quand on veut ôter l'aiguille & la remettre, elle se place juste dans le petit trou qui est au centre dudit cylindre. Ce trou ne doit être que de la grosseur d'un cheveu, mais il doit être un peu profond, afin que la pointe de l'aiguille entre assez, pour qu'elle ne s'échape pas par les secousses qu'on pourra donner au Quart de cercle. A la pointe de l'aiguille est suspendu un cheveu, par le moyen d'un anneau fait du cheveu même, assez ample de crainte que le nœud de l'anneau ne rencontre la lame du centre, & que son mouvement n'en soit détourné. Il faut remarquer que la base du cylindre central A, représenté en cette figure, doit être un peu convéxe, afin que l'anneau du cheveu suspendu à la pointe de l'aiguille ne joigne point ladite base ailleurs qu'en son centre, ayant attaché au bout du cheveu un poids de plomb d'environ une demi-once.

La construction de ce cylindre central doit être de telle maniére qu'on puisse l'ôter & le conserver quand il sera besoin, pour mettre en sa place un autre cylindre central de même grosseur, mais un peu plus long, lequel surpassant la lame du centre soutienne la régle de l'Instrument, telle que nous la décrirons ci-après.

On ajoûte de plus à la lame centrale de cuivre qui est sur celle de fer un anneau plan A, tournant autour du centre, lequel ne rencontre pourtant pas le cylindre central; de telle sorte que la surface extérieure ne surpasse point la surface de ladite lame de cuivre. On attache à cet anneau, par le moyen de deux vis, un tuyau applati tout le long de la partie qui joint le plan de l'Instrument, auquel il s'ajuste de telle sorte, que son côté applati étant plus enfoncé que le plan du bord & de la lame centrale de cuivre, le mouvement du fil avec son plomb pendant du centre, soit toujours libre & se puisse mouvoir de toutes parts avec ledit tuyau qui sert pour le garantir de toute agitation de l'air.

Fig. 3. On voit cette piéce par derriere à l'endroit marqué M de la figure 3;

On met aussi une glace à ladite piéce vis-à-vis du limbe du Quart de cercle, afin de voir sur quel point de division passe le cheveu où est attaché le plomb. Au-dessous & aux environs du centre de gravité de toute cette machine on attache fermement aux régles, par le moyen de trois ou quatre vis, un cylindre de fer marqué I, au derriere de l'Instrument, que la figure représente tout monté.

La longueur de ce cylindre doit être de 8 pouces, & le diamétre de sa base d'environ deux pouces. Ce cylindre étant perpendiculaire au plan du Quart de cercle, se peut appeller son axe.

Or comme le principal usage de cet Instrument est pour prendre les hauteurs des Astres, il faut que son plan se puisse facilement placer dans une situation verticale; c'est pourquoi on prépare une régle de-fer, comme M N, dont l'épaisseur soit de trois lignes, la longueur de 8 pouces & la largeur d'un pouce ou environ. D'un côté de cette régle on ajuste deux anneaux de fer marqués Z Z, ouverts par en haut avec des oreilles, dans lesquelles on passe à chacune une vis, propre à resserrer les anneaux qui par ce moyen font ressort. La grandeur de ces anneaux est à peu près égale à la grosseur du cylindre I ou de l'axe du Quart de cercle de la figure 3; & ces anneaux ayant joint l'axe se resserrent par le moyen des vis, de telle sorte que le Quart de cercle (auquel ce cylindre ou axe I est attaché) demeure ferme & immobile en quelque situation qu'on le mette. Fig. 4.

De l'autre côté de ladite régle M N est soudé & attaché à angles droits le cylindre de fer O, dont la longueur & la grosseur sont égales au tuyau marqué Q. Cette partie se nomme le genou de l'Instrument. Ce genou est représenté tout monté en la figure 3. Fig. 4.

Lorsque l'on veut placer l'Instrument, de maniére que son plan soit horisontal & se servir de la régle mobile, dont nous parlerons ci-après, pour prendre les distances des Astres ou des lieux de la terre, on fait entrer le cylindre I dans un tuyau Q, & par ce moyen on tourne facilement le plan du Quart de cercle vers telle partie que l'on veut. Cela se peut faire aussi par le moyen d'un double genou, pareil à celui que nous venons de décrire, que l'on joint ensemble.

Il nous reste à remarquer la construction du pied ou support de tout l'Instrument. Il est composé pour l'ordinaire d'un tuyau de fer, dont la partie supérieure est capable de contenir le genou ou cylindre O. La partie inférieure de ce tuyau traverse le milieu d'une croix de fer, & y est attachée par quatre bras ou liens de fer; il y a quatre grosses vis aux quatre bouts de la croix pour hausser ou baisser le Quart de cercle & le mettre dans la situation convenable. M. de la Hire propose un pied triangulaire dans ses Tables, dont nous allons donner la description.

Il est composé d'un tuyau de fer ou de cuivre assez ample & assez long pour contenir le cylindre O de la figure 4. Ledit tuyau est attaché avec deux vis à trois régles de fer courbées par le haut, lesquelles sont de l'épaisseur convenable pour affermir le pied ou support de l'Instrument. Les régles R, S, sont ajustées vers le bas à une double équerre T X Y, & attachées fermement aux trois régles en dessous par le moyen d'une clavette. La vis V, qui pénétre le milieu du tuyau Q, sert pour affermir ce cylindre O. Fig. 5.

Lorsque l'on observe les hauteurs méridiennes des Astres, la régle T X

doit etre placée dans la ligne méridienne, & des trois vis T X Y qui soutiennent le poids de tout l'Instrument, celle qui est en X, sert à baisser le plan de l'Instrument jusqu'à ce qu'il convienne avec le plan du Méridien, à la commodité de l'Observateur qui est placé vers X, & les deux autres servent à le hausser ou baisser peu à peu, jusqu'à ce que le fil du plomb marque la hauteur requise. Mais il arrive souvent qu'en tournant les vis qui sont en T & en Y, le Quart de cercle se détourne de sa véritable position; c'est pourquoi si le défaut est de quelques minutes, on y peut remédier en suspendant au derriére des branches de l'Instrument un poids mobile, lequel faisant changer le centre de gravité, fera aussi changer l'inclinaison du Quart de cercle, car les régles qui composent le pied ne sont pas entiérement exemptes de ressort. Or plus le lieu de suspension du poids sera proche du pied, moins il aura de force pour faire pancher l'Instrument.

La hauteur du pied est ordinairement de quatre pieds & demi ou environ, le méme usage se fait également avec le pied à quatre branches.

La division du Quart de cercle doit être faite avec grand soin, afin que les observations se puissent faire exactement. Chaque dégré de cette division se subdivise en 60 minutes par le moyen de onze Cercles concentri-
Fig. 6. ques & de six lignes droites transversales, (comme la figure 6 le marque.) Les distances transversales sont égales entre elles, mais celles des Cercles sont inégales. Néanmoins cette inégalité n'est presque pas sensible, si nous supposons le rayon du Quart de cercle de trois pieds, & la distance entre les deux Cercles extérieurs d'un pouce. Car si l'on prend l'arc A E du Cercle extérieur de 10 minutes, & que l'on tire au centre C du Quart de cercle les rayons A D, E B, lesquels rencontrent le Cercle extérieur aux points D & B, l'arc D B sera aussi de 10 minutes, (nous supposons ici que la figure 6 est posée sur le limbe de l'Instrument marqué figure 1.)

Fig. 6. Mais si l'on tire les droites transversales A B, D E, lesquelles s'entrecoupent au point F, je dis que F est le point milieu de la division, par lequel doit passer le Cercle du milieu, car il y a méme raison de l'arc A E, à l'arc B D (que l'on peut considérer comme lignes droites) que de A F à F B. Or le rayon partant du centre C divise en deux parties égales l'an-
Fig 1. gle au centre, compris par les rayons D A, B E; alors il rencontrera la transversale A B au méme point F: Car il est évident que B A est à D E, comme les divisions de la base A E du triangle rectiligne A D B. Mais comme B A est à D E, ainsi A E est à D B. C'est pourquoi A E est à D B, comme les divisions de la base A E faites par le rayon qui divise en deux l'angle A D E, & par conséquent le point F ci-devant trouvé dans la droite transversale A B, sera le point milieu de la division.

Nous avons supposé que A B est à D E, comme 36 pouces sont à 35; ainsi A B est à A F, comme 71 à 36. C'est pourquoi si la largeur d'un pouce, ou de 12 lignes, qui est la mesure supposée de A B, est divisée en 71 parties égales, la partie A F en aura 36, laquelle sera plus grande d'un demi ou d'environ un douziéme de ligne, que la moitie de A B, qui n'est que 35 & demi. Cette différence n'est d'aucune conséquence, & peut sans aucune erreur sensible se négliger dans la division du milieu, & à plus forte raison dans les autres où elle est moindre.

On peut, au lieu de faire les transversales en ligne droite, les faire en portion d'un cercle qui passeroit par le centre de l'Instrument, & par le

premier point & le dernier de la même transversale; alors il n'y auroit qu'à diviser cette portion de circonférence circulaire en 10 parties égales, & l'on auroit les points exacts par où doivent passer les onze cercles concentriques.

Il est facile de calculer le rayon de ce cercle & de donner cette figure à la régle qui servira à diviser l'Instrument, comme nous avons dit ci-devant en parlant de la division des Cercles & des Demi-cercles, &c.

Il sera bon de laisser au bas du limbe au-dessous des divisions les points qui auront servi à faire la division de 10 en 10 minutes, cela donnera moyen de reprendre les hauteurs correspondantes du Soleil le matin & le soir, avec beaucoup plus de précision qu'on ne peut faire en se servant des transversales, à cause de l'estimation que l'on évite par là, outre que dans les transversales il peut y avoir quelqu'erreur qui ne sera pas dans les points. Car il est assez difficile de faire passer des lignes toujours précisément par où l'on veut, & il est rare que les divisions répondent toujours exactement au milieu du point par lequel on avoit eu intention de les faire passer. Si l'on joignoit au Quart de cercle un micrométre attaché à la lunette fixe de l'Instrument, on pourroit se passer des divisions par transversales, & les points suffiroient, puisque le micrométre donneroit par le moyen d'un fil mobile l'intervalle qu'il y auroit depuis le point le plus proche jusqu'à l'endroit où se trouveroit le fil, sans qu'on fut sujet à l'estime toujours incertaine, à cause qu'on n'est pas toujours sûr de l'endroit que coupe précisément le cheveu sur la transversale comme sur le point; il suffiroit pour cela que le filet mobile pût hausser ou baisser au-dessus & au-dessous du filet horisontal fixe de 10 minutes de dégrés ou un peu plus. Les Astronômes se servent pour leurs observations du Quart de cercle construit de cette façon.

Des Lunettes de longue-vûe.

On n'a jamais rien inventé de plus industrieux & de plus utile en toute l'Astronomie pratique. Ceux qui ont la vûe basse & les vieillards qui ne peuvent distinguer les objets qu'à certaine distance, peuvent par le secours des Lunettes & des fils de soie très-déliés voir aussi distinctement les objets éloignés, que ceux qui ont la vûe très-fine. Ils peuvent aussi contempler les Astres, comme s'ils étoient proches & très-grands, & désigner leurs vrais lieux. Ces Lunettes ont deux verres, dont l'un est l'objectif posé vers l'objet visible & proche le centre du Quart de cercle, l'autre est l'oculaire, lequel doit être placé à l'autre bout de la Lunette vers l'œil de l'Observateur.

L'Objectif est une lentille de verre immobile, fermement attachée dans un cadre de fer ou de cuivre, lequel est arrêté avec des vis autour du centre de l'Instrument. Du côté de l'oculaire on met deux fils de soie se rencontrans à angles droits dans un cadre de fer, auquel on les attache avec de la cire sur une petite piéce de cuivre, de telle sorte que l'un soit perpendiculaire au plan de l'Instrument, & l'autre lui soit paralléle.

Le verre oculaire doit être mis dans un tuyau pour pouvoir l'avancer ou reculer suivant les différentes vûes; la distance entre la lentille objective & les fils de soie doit, autant que faire se peut, être bien égale à la lon-

gueur du foyer de ladite lentille. Ces Lunettes doivent être disposées de telle sorte que la surface de la lentille de verre comme plane & le plan dans lequel sont les fils de soie soient paralléles & équidistans entre eux & perpendiculaires à la ligne droite, conduite par le centre de la lentille & par le point où se croisent les fils. Elles s'ajustent derriére l'Instrument, afin que le bord de cuivre divisé n'en soit aucunement embarassé.

Entre les cadres qui soutiennent les Lunettes on met un tuyau de cuivre ou de fer, composé de deux parties, dont l'une s'enchâsse dans l'autre, afin que l'on puisse facilement l'ôter des cadres par le moyen des viroles qui les tiennent ensemble.

La lentille convéxe oculaire doit s'approcher des fils de soie ou s'en reculer, selon la diverse constitution de l'œil de l'Observateur, afin qu'il puisse voir distinctement l'objet éloigné & les fils de soie.

Fig. 7. Ce verre oculaire se place dans un petit tuyau mobile, dont la plus grande partie est cachée dans un autre tuyau.

Toutes les fois que l'on veut nettoyer le dedans de la lentille objective ou remettre des fils de soie à la place de ceux qui se rompent, on détache de ces cadres le tuyau composé de lames de cuivre.

Mais la construction de la Lunette oculaire sera bien plus commode, si au lieu d'un cadre simple on se sert d'une petite boëte quarrée, épaisse d'environ quatre lignes, dont les deux côtés opposés soient paralléles au bord du Quart de cercle & ayent une rainure selon leur longueur, dans laquelle se puisse mouvoir une petite platine de médiocre épaisseur, percée par le milieu d'une ouverture ronde assez grande.

Sur la surface de cette platine représentée par la figure *a*, on tracera de part & d'autre les deux diamétres de ladite ouverture, dont l'un est paralléle au bord, & l'autre lui est perpendiculaire, afin d'y pouvoir appliquer les fils de soie, & les bien remettre en leur place toutes les fois qu'on les renouvelle. Cette platine est fort utile pour approcher ou reculer les fils de soie autant qu'il est besoin ; & quand ils seront bien placés on fera tenir avec de la cire ladite platine à la boëte, laquelle doit être garnie de son couvercle à coulisse, pour garantir les fils de soie de l'injure du tems & de tout autre accident.

Le dedans du tuyau doit être noirci avec de la fumée de résine, afin de garantir l'œil des rayons trop forts qui partent de l'objet lumineux, & que par ce moyen la vision en soit plus parfaite. La figure 7me fait voir aussi la construction de la boëte ou porte-filets dans laquelle on peut mettre au lieu des filets de soie une petite glace, sur laquelle on a tracé deux lignes fines à angles droits, telle que nous le verrons en parlant du micrométre.

La Lunette étant préparée & placée dans une situation commode, paralléle au rayon du Quart de cercle, il faut chercher par la Méthode qui suit, le premier point de la division du bord, lequel soit éloigné de 90 dégrés de la ligne de foi des Lunettes ou d'une ligne qui lui soit paralléle, passant par le centre dudit Quart de cercle. Mais auparavant il nous faut parler de cette ligne de foi, au sujet de laquelle M. de la Hire dit, qu'il eut autrefois une longue controverse avec des personnes fort célébres & grands Astronômes, lesquels prétendoient qu'il étoit impossible de trouver une ligne de foi stable & constante dans ces sortes de Lunettes, ne faisant pas suffisamment attention aux régles de la Dioptrique.

Il

Il est évident par la Dioptrique que tous les rayons, qui partent d'un même point & qui passent par une lentille de verre, concourent après leur sortie à un même point, que l'on appelle *Foyer*, pourvû toutefois que la distance du point rayonant à la lentille, soit plus grande que le demi-diamétre de l'une & l'autre convéxité que nous supposons ici égales; que de plus entre les rayons qui du point rayonant tombent sur la surface antérieure de la lentille, celui qui concourt avec la ligne droite, qui conjoint les centres des convéxités, ne souffre aucune réfraction à l'entrée non plus qu'à la sortie de la lentille. C'est pourquoi les points des objets qui sont dans cette ligne droite, se représentent dans la même ligne que l'on nomme l'*Axe du tuyau optique*, & le point de cet axe qui est dans le milieu de l'épaisseur de la lentille, s'appelle le *Centre de ladite lentille.*

Si la ligne droite, qui passe par le Centre de la lentille & par le point où se croisent les fils, convient avec l'Axe dudit tuyau optique, elle sera la ligne de foi des Lunettes; & un objet fort éloigné (posé dans l'axe prolongé) paroîtra dans le point même où se croisent les fils, ni plus ni moins que dans les alidades communes, où l'on prend pour ligne de foi la ligne droite, qui passant par les fentes des pinules, est conduite jusqu'à l'objet. Mais quoiqu'il n'arrive presque jamais dans la position des Lunettes que nous avons établie, que la ligne droite conduite de l'objet au point où se croisent les fils & où se représente ledit objet, convienne avec l'Axe optique, nous ne laisserons pas cependant de trouver cette ligne de foi des Lunettes, qui s'étend en ligne droite depuis l'objet jusqu'à la représentation qui se fait au point où se croisent les fils. Ce qui se démontre par le discours suivant.

Soit la lentille de verre X V, son axe A C B & son centre C; soit en outre le point F, où se croisent les fils de soie hors de l'axe A C B. Si du point F (qui par sa construction est éloigné de la lentille, de la longueur de son foyer) quelques rayons passent & sortent jusqu'à la surface opposée de ladite lentille, ils souffriront une réfraction à leur entrée dans ladite lentille, & une seconde réfraction à leur sortie, après quoi ils se continueront paralléles entre eux. Or ces rayons paralléles entre eux le sont aussi à un des rayons, qui du point F tombent dans la lentille, comme fait le rayon F E, lequel après la premiére réfraction au point E, passe par le centre C: Car après une seconde réfraction à sa sortie, au point D, il se continue de D en O, paralléle au même rayon F E, suivant la régle de la Dioptrique. Mais tous les rayons brisés après la sortie de la lentille sont comme paralléles entre eux, s'ils appartiennent à un point O, fort éloigné. C'est pourquoi ils sont aussi paralléles au rayon F E O, qui de l'objet est prolongé directement au point O; & c'est cette ligne droite F E O, que nous appellons *ligne de foi* dans la susdite position des Lunettes. Elle demeurera toujours la même, si l'on ne change point la situation desdites Lunettes, c'est-à-dire, que la lentille de verre & les fils croisés soient en même position & distance. L'objet O étant en un des points extrémes de la ligne droite F E O, se présentera au point F. XIX. Planche. Fig. 8.

Il est à remarquer que la distance entre le rayon principal O D (qui du point O de l'objet tombe sur la lentille) & son rayon brisé E F, est toujours moindre que l'épaisseur de ladite lentille D E, laquelle est insensible

& de nulle importance dans la distance d'un objet fort éloigné, & que cette distance des rayons paralléles O D, O E F, est d'autant moindre, que la lentille sera plus directement tournée vers la position des fils.

Toutefois il pourroit se faire que le point F se rencontreroit dans l'Axe même; mais il n'est pas besoin de nous arrêter davantage sur cette matiére.

Fig. 1. Il nous faut présentement expliquer de quelle maniére on peut trouver le premier point de la division du bord du Quart de cercle. Ayant affermi le plan du Quart de cercle en une situation verticale, par le moyen du fil & de son plomb C D, dirigez la Lunette vers un point visible fort éloigné, posé proche l'horison sensible, eu égard au lieu où est placée la Lunette de l'Instrument; ce que l'on pourra premiérement connoître en marquant sur le bord le point B, dans le rayon C B, paralléle à l'axe du tuyau, que l'on peut connoître à peu près; & en prenant le point D éloigné dudit point B de 90 dégrés; car lorsque le fil du pendule touchera le point D, l'objet qui paroît au point où se croisent les fils de soie, ou qui se voit par la Lunette, sera proche l'Horison. Car l'Horison sensible doit faire angle droit avec le fil du plomb C D. Mais comme nous ne sommes point encore certains que la Lunette soit parfaitement horisontale & de niveau, on renversera l'Instrument, en sorte que le point D soit en haut & le centre C en bas; mais en cette transposition il faut avoir soin que la ligne de foi des Lunettes soit à la même hauteur qu'elle étoit en la premiére position. Ayant dirigé de nouveau les Lunettes vers le point premiérement observé, en sorte qu'il paroisse au point où se croisent les fils, & ayant ajusté au centre de l'Instrument le cylindre sur lequel le centre C du Quart de cercle avoit déja été marqué, on attache le cheveu avec de la cire sur le bord au point D, qui porte le plomb; & s'il passe juste au centre C, il est certain que la ligne de foi des Lunettes est exactement de niveau & dans l'horison sensible avec l'objet visible. Car cette ligne de foi demeurant la même dans l'une & l'autre situation du Quart de cercle & prolongée avec la verticale C D, le point D sera le commencement de la division du bord, étant dans la ligne verticale & sous le zénit à l'égard de la ligne de foi de la Lunette ou d'une autre ligne qui lui est paralléle, avec lesquelles la verticale C D fait angles droits.

Mais si après avoir renversé l'Instrument, le cheveu du plomb suspendu du point D ne rencontre pas précisément le centre C, il faudra mouvoir le fil ou le cheveu jusqu'à ce qu'il passe par ledit centre C, sans changer aucunement la situation du Quart de cercle ni des Lunettes qui doivent toujours, comme auparavant, être dressées vers l'objet; pour lors on marquera dans l'arc de cercle D E, décrit du centre C, passant par le point D, le point E qui se trouve sous le fil.

Je dis que si l'on divise en deux parties égales l'arc D E au point O; ce même point O sera le premier point de la division, & que le rayon C O fera un angle droit avec la ligne de foi des Lunettes. Cette opération est claire par elle-même; car puisque la ligne de foi ou le rayon C B (qui lui est paralléle) ne change point en l'une & en l'autre position du Quart de cercle, si l'angle B C D en la situation naturelle de l'Instrument est plus grand qu'un droit, c'est-à-dire, si le point de l'objet miré est au-dessous de l'Horison, il est évident que la verticale C D prolongée, correspondante

aussi du plomb, fait avec la ligne de foi un angle plus petit qu'un droit, sçavoir, le supplément de l'angle B C D, qui est égal à l'angle B C E. C'est pourquoi l'angle B C O, qui est moyen entre le plus grand & le plus petit qu'un droit (lequel est fait par le rayon C O & la ligne de foi) sera droit, ce qu'il falloit démontrer.

Vous pourrez encore avoir le premier point de division en connoissant un point parfaitement de niveau avec votre œil : si vous placez la Lunette dans ce point, l'endroit où tombera le cheveu, sera le premier point de division.

On peut faire la preuve de cette opération, si le fil du plomb passant par le point O, l'objet fort éloigné paroît au point où se croisent les fils. Car ayant renversé l'Instrument, & la Lunette étant toujours dirigée vers le même objet, le fil du plomb passera par les points O & C, autrement il y aura de l'erreur dans les observations.

Étant bien assuré du premier point de la division, on tracera du centre C deux portions de cercle à un pouce de distance l'une de l'autre pour renfermer les divisions. On se servira pour cela d'un Compas à coulisse, dont les pointes seront bien fines, & dont celle du bout doit avancer ou reculer petit à petit par le moyen d'une vis & d'un écrou qui est ajusté au bout de la branche du Compas ; ensuite du point O, premier point de division & de la même ouverture d'un de ces arcs, on marquera une section ; puis on divisera cette distance en deux, que l'on transportera au-delà de la section qui donnera le point B, & qui divisera le Quart de cercle en trois également, qui vaudront chacun 30 dégrés.

Ces distances seront encore partagées en 3, puis en 2 ; enfin chacune de ces parties sera divisée en 5, & le Quart de cercle sera divisé en 90 dégrés. On divisera ensuite chaque dégré en 6 parties égales, qui vaudront 10 minutes.

Les circonférences intérieure & extérieure étant très-parfaitement divisées de la maniére que nous venons de dire, on tracera des lignes très-fines en transversales, c'est-à-dire, du premier point de division de l'arc d'en-haut, & du second d'en-bas, & ainsi de suite de divisions en divisions, telle que la figure 6 le montre ; puis on partagera la distance des deux arcs de cercles en 10 également, & du centre C on tracera par ces points de division neuf arcs de cercle, qui partageront les transversales en 10, & par ce moyen le Quart de cercle se trouvera divisé de minute en minute. Il faut se servir pour cela de bons Compas bien fins, & tracer les lignes & les cercles bien délicatement ; & pour les petites divisions on doit avoir de petits Compas à ressort, dont les pointes ne soient pas plus grosses qu'une aiguille, & d'un bon Trace-ligne bien fin.

Outre les 90 dégrés du Quart de cercle, on continue pour certains usages la division d'environ 5 dégrés au-delà du point O.

Toutes les fois que l'on transportera cet Instrument par chariots ou sur des chevaux, il faudra le rectifier de crainte que les Lunettes ne soient ébranlées, ce qui arrive souvent aux fils de soie, quoique l'Instrument ne change pas même de place, principalement lorsque le Soleil échauffe le tuyau de la Lunette ; car pour lors les fils se bandent, puis à l'absence du Soleil ils se relâchent & diviennent crépus, & ainsi ils ne sont plus propres à faire des observations. On peut néanmoins se passer de faire la preuve de la Lunette, lorsque l'on croira qu'il ne sera arrivé aucun changement aux

fils de soie, puisque le verre objectif demeure immobile & toujours le même, & que la courbure des fils causée de tems en tems par l'humidité de l'air, se rétablit le plus souvent au premier beau tems.

Il faut remarquer que si l'on remet de nouvelles lunettes à un Instrument déja divisé, il sera très-difficile de les faire convenir avec la division. C'est pourquoi en ayant fait l'épreuve, comme nous l'avons dit ci-devant, on connoîtra de combien les lunettes font l'angle plus petit ou plus grand qu'un droit avec le rayon qui passe par le premier point de la division, il faudra avoir égard à cette différence en toutes les observations. Car si cet angle est plus grand qu'un droit, toutes les hauteurs observées seront plus grandes que les véritables de la quantité de cette différence ; & au contraire si cet angle est plus petit qu'un droit, les véritables hauteurs seront plus grandes que les observées ; cependant on pourroit placer les fils de soie de telle maniére que la ligne de foi des lunettes feroit un angle droit avec le rayon qui passe par le premier point de la division, en appliquant les fils sur une platine mobile, comme nous avons dit en la construction du Quart de cercle. Mais comme dans les voyages il faut souvent faire la preuve de cet Instrument, & que la susdite Méthode est sujette à beaucoup d'incommodités, tant parce qu'il est difficile de renverser l'Instrument de maniére que le tuyau de la lunette reste à même hauteur, qu'à cause des différentes réfractions de l'Atmosphere autour de l'Horison à différentes heures du jour, comme aussi par l'agitation & l'ondulation de l'air, & autres choses semblables : nous ajoûtons ici deux autres Méthodes propres à rectifier ces sortes d'Instrumens, afin que chacun puisse choisir celle qui lui paroîtra plus commode selon les tems & les lieux.

Seconde Méthode pour éprouver la position des Lunettes de longue vûe.

POur cette opération il faut choisir un lieu d'où l'on puisse voir distinctement un objet éloigné du moins de mille toises, & dont l'élévation sur l'Horison ne passe point le nombre des dégrés que l'on marque sur le bord au-delà du commencement de la division. Ayant donc observé la hauteur de cet objet telle qu'elle paroît par les dégrés du bord, on mettra devant le Quart de cercle, & le plus près qu'il se pourra, un vase de large embouchure, qu'on remplira entiérement d'eau jusqu'au sommet des bords, le plus à comble que faire se pourra. Ensuite il faut hausser ou baisser le vase jusqu'à ce que par la Lunette on voye ledit objet sur la surface de l'eau comme dans un miroir, ce qui ne sera pas difficile, pourvû que la surface de l'eau ne soit pas troublée par l'agitation de l'air. Nous aurons donc l'abaissement de cet objet par réfléxion, & on le verra dans une situation droite ; car nous nous servons de Lunettes composées de deux lentilles de verre convexe qui représentent les objets renversés ; mais par la réfléxion, un objet renversé se renverse encore une fois, c'est pourquoi il paroit droit.

Il faut remarquer cependant que l'abaissement de l'objet peut quelquefois se voir sur les dégrés du bord comme la hauteur : ce qui arrivera si l'angle (fait de la ligne de foi, & du rayon qui passe par le premier point de la division) est plus grand qu'un droit ; & au contraire, en d'autres cas la hauteur paroîtra comme l'abaissement, si l'angle de la ligne de foi avec le rayon qui passe par le premier point de la division, est plus petit qu'un

droit. Mais en tous ces cas, sans avoir égard à l'élévation ou abaissement marqué sur le bord, le point milieu marqué exactement entre les deux observations sera vertical & répondra au Zénith, par rapport à la ligne de foi des Lunettes.

Ayant donc trouvé l'erreur de l'Instrument, c'est-à-dire, la différence entre le premier point de la division marqué sur le bord & le point qui répond au Zénith, on tâchera de remettre les fils de soie en leur vraie position, si cela se peut faire commodément; sinon il faudra avoir égard à l'erreur que l'on a reconnue en toutes les observations, soit d'élévation, soit d'abaissement.

Mais il faut remarquer que si l'objet est proche & élevé sur l'Horison de plusieurs minutes, il faudra trouver la véritable erreur de l'Instrument, par le calcul en la maniére suivante.

Dans un triangle (dont un côté soit la distance connue entre le lieu de l'observation & l'objet, l'autre côté soit la distance entre le point milieu de la longueur de la Lunette & le point de la surface de l'eau où elle est rencontrée par le rayon réfléchi avec l'angle compris de ces deux côtés, sçavoir l'angle ou l'arc compris entre les observations de l'élévation & de l'abaissement de l'objet) on trouvera par le calcul l'angle opposé au plus petit côté. De la quantité de cet angle il faut diminuer l'arc entre les observations du côté du Quart de cercle prolongé; & le point milieu de l'arc restant, sera le vrai commencement de la division.

Ainsi l'on peut trouver la distance entre le point milieu du tuyau de la Lunette & le point de la surface de l'eau rencontrée par le rayon réfléchi, par le moyen d'une régle ou d'un fil tendu & prolongé depuis ledit tuyau jusqu'à la surface de l'eau.

Troisiéme Méthode.

Cette opération est simple, mais les observations ne sont pas faciles à faire. Nous supposons en cette Méthode, comme en la précédente, qu'il y a sur le bord du Quart de cercle quelques dégrés marqués & divisés au-delà du point de 90 de hauteur, qui répond au Zénith. Nous observons pendant une belle nuit, le tems étant serein & tranquille, la hauteur méridienne de quelque étoile qui approche de notre Zénith, ayant tourné vers l'Orient la face divisée du bord de l'Instrument. La nuit suivante, ou peu de tems après, nous observons semblablement la hauteur méridienne de la même étoile, mais la face divisée du bord étant tournée vers l'Occident: alors nous disons que le point milieu de l'arc entre les observations est le point de 90 dégrés, par où passe le rayon paralléle de la ligne de foi de la Lunette.

Cette troisiéme Méthode est fort utile pour prouver la position des Lunettes, que l'on ajuste non seulement aux Quarts de cercle, mais principalement aux Instrumens qui contiennent la huitiéme ou sixiéme partie, ou toute autre portion de cercle. Car par son moyen on connoîtra auquel des rayons de l'Instrument sera paralléle la ligne de foi desdites Lunettes.

Nous parlerons ci-après de la maniére d'observer les Astres dans le Méridien, ou la médiation du Ciel, & de la maniére d'observer les étoiles avec les Lunettes de longue vûe.

De la Régle mobile du Quart de cercle.

Fig. 9. IL ne nous reste plus qu'à parler de la construction & usage de la Régle du Quart de cercle. Cette Régle étant mobile, n'est autre chose qu'une alidade avec une Lunette, qui fait le même effet que les alidades des autres Instrumens, pour faire tel angle que l'on veut avec la Lunette immobile & attachée au Quart de cercle. On l'appelle *Régle*, parce que sa principale partie est une Régle de fer ou de cuivre percée par un bout, & tellement ajustée au cylindre central, dont nous avons parlé ci-devant, qu'elle ne peut se mouvoir que d'un mouvement circulaire.

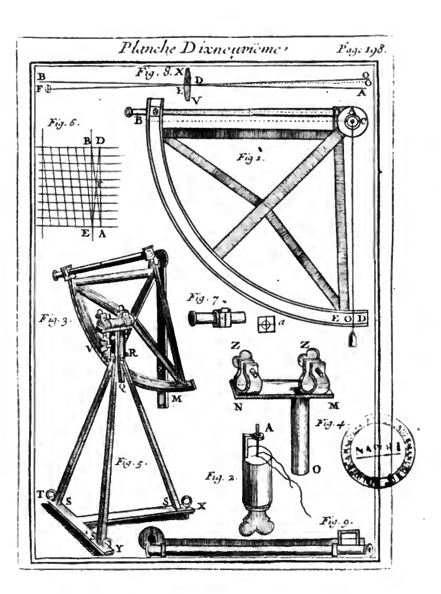
Sur cette Régle on attache deux cadres de fer ou de cuivre. Dans le cadre qui est vers le centre de l'Instrument on met la lentille objective, & dans l'autre l'oculaire avec les fils de soie qui se croisent, lesquels composent ensemble une Lunette de longue-vûe, semblable en toutes ses parties à l'autre Lunette, dont nous avons ci-devant parlé, laquelle est attachée au Quart de cercle.

A l'extrémité de la Régle, qui joint le bord du Quart de cercle, on fera une petite fenêtre de la grandeur d'environ un dégré, comme ils sont marqués en la division du bord. On met à cette petite ouverture un cheveu tendu, lequel passant par le milieu est continué au centre du Quart de cercle.

Mais comme dans l'usage de cette Régle un cheveu est sujet aux diverses inconstances de l'air, on met à sa place une lame de corne bien claire, ou un verre blanc & uni, ajusté dans un petit chassis. Sur la surface qui regarde le bord de l'Instrument on trace une ligne droite, laquelle est dirigée au centre de l'Instrument. On fait tenir ce chassis à la petite fenêtre qui est au bas de la Régle, par le moyen de quelques vis.

Avant d'en venir à l'usage, il faut éprouver la Lunette, afin de connoître si celle qui est immobile & attachée à l'Instrument convient avec celle qui est mobile. Pour cet effet ayant placé horisontalement le plan de l'Instrument, & ayant dirigé la Lunette immobile vers un point de quelqu'objet visible, éloigné au moins de 500 toises, on tournera la Régle jusqu'à ce que l'on apperçoive le même objet par la Lunette de ladite Régle mobile, ou du moins qu'il paroisse dans le fil de soie perpendiculaire au plan du Quart de cercle: car il importe peu que l'objet soit au point où se croisent les fils en chaque Lunette, ou dans le fil perpendiculaire. Regardez pour lors le point de la division auquel convient la ligne de foi de la Régle; que si la ligne marquée sur la feuille de corne tombe justement sur le point de 90 dégrés de la division, c'est une marque que lesdites Lunettes conviennent ensemble; sinon il faudra ou replacer ladite feuille de corne pour la faire convenir, ou avoir toujours égard dans les observations des angles à la différence qui se trouve entre le premier point de la division & la ligne tracée sur ladite corne ou verre.

Pour ce qui regarde les distances entre deux objets, soit au Ciel, soit sur la terre, le plan de l'Instrument étant situé de maniére que les objets y conviennent, on observera les angles comme on fait avec les alidades ordinaires, c'est-à-dire, celles qui sont au Demi-cercle ou autres Instrumens, dont nous avons parlé au Livre IV.


Fig. 8. X
B
D
F
E
A
V
B
A
C
Fig. 6.
B D
E A
Fig. 1.
Fig. 7.
a
E O D
Fig. 3.
V
R
Q
M
Z
Z
N
M
Fig. 4.
A
Fig. 5.
Fig. 2.
O
T
S
S
X
Fig. 9.
S
Y

CHAPITRE II.

Description d'un Octans pour prendre la hauteur des Astres, & de quelqu'autres Instrumens servans à l'Astronomie.

DAns le Mémoire de l'Académie des Sciences de 1718 (où il est parlé de la grandeur & de la figure de la Terre) M. Cassini donne la construction du Quart de cercle & de l'*Octans*. Ayant ci-devant donné la construction du Quart de cercle suivant les Mémoires de M. de la Hire, nous allons rapporter ici ce que dit M. Cassini au sujet de l'*Octans*. Le Quart de cercle ne pouvant pas toujours être placé à cause de sa grandeur dans les endroits où il est nécessaire d'observer, on se sert de l'Octans, parce qu'il a moins d'étendue & que ses dégrés sont d'égale grandeur.

Le Rayon de cet Instrument est de 36 pouces, depuis le centre jusqu'à l'extrémité du limbe A B C; il représente une portion de cercle d'un peu plus de 50 dégrés. On le divise en dégrés, & les dégrés en minutes, comme nous le dirons après avoir donné la construction de cet Instrument & de ses différentes parties. Le limbe A B C est une plaque de cuivre circulaire d'environ vingt lignes de largeur & d'une ligne d'épaisseur: Ce limbe est arrêté fixément sur une plaque de fer de figure semblable; il y a une régle de fer circulaire posée sur le champ derriére le limbe pour le renforcer; cette régle a d'espace en espace divers tenons coudés, par le moyen desquels on l'applique fixément avec des vis contre le limbe de fer. D L est une régle de fer platte avec un tenon à son extrémité L, qui entre dans le limbe A B C, dans une entaille qui est derriére, où elle est attachée rase audit limbe. L'autre bout D de cette régle, qui est élargi en cercle, passe vers l'autre extrémité & forme le centre de l'Instrument. Elle est recouverte en cet endroit par devant d'une plaque de cuivre, qui est dressée exactement dans le plan du limbe de cuivre: cette plaque aussi-bien que la régle, qui la soutient, est percée au milieu d'un trou cylindrique de quatre lignes de diamétre, de sorte que ce trou étant bouché exactement par un cylindre de cuivre, le centre de la base de ce cylindre, qui est dans le plan de la plaque, est aussi le centre de l'Instrument.

XX. Planche. Fig. 1.

La régle D L est renforcée & maintenue par la régle de fer K N. Elle est attachée par un bout à la plaque du centre, & par l'autre bout au limbe A B C. Il en est de même de la régle O P, & de la régle M F, qui sont mises pour maintenir l'Instrument, & sont aussi pour la plûpart renforcées sur le champ par des régles & arrêtées avec des vis.

Mais nous croyons que pour que l'Instrument fût plus stable & plus solide, il faudroit que le limbe & les branches fussent forgées & brisées comme si c'étoit d'une même piéce; après l'avoir bien dressé on le renforcera par derriére de régles mises sur le champ, & retenues par des tenons & des vis, comme il a été dit ci-devant. Il en est de même pour les Quarts de cercle & les Sextans. Il est à remarquer que les deux régles O P & M F doivent être placées de maniére que le point de leurs concours avec tout le corps de l'Instrument soit à peu près le centre de gravité.

On place derriére le limbe la Lunette R S, dont le tuyau eſt quarré & dont l'axe doit étre paralléle au rayon qui paſſe par le cenrre & par le commencement de la diviſion. L'extrémité du tuyau de cette Lunette eſt attachée d'un côté à la plaque ronde D E, & de l'autre au limbe A B C. On applique auſſi derriére le limbe une autre Lunette G I, dont le tuyau qui eſt auſſi quarré, coupe à angles droits le tuyau de la Lunette R S, enſorte que la partie F H eſt commune aux deux Lunettes. Cela ſe fait en taillant les deux tuyaux en cet endroit, & on les retient avec des vis à la régle M F. Il eſt à remarquer que les bouts de ces deux Lunettes doivent être ronds en dedans, pour y pouvoir faire entrer les petits tuyaux qui portent les filets & les verres.

La régle T V, qui ſert d'alidade, eſt de fer, & la Lunette qui eſt poſée deſſus, eſt ronde & de cuivre ; elle a vers une de ſes extrémités du côté de l'objectif une plaque ronde, qui eſt percée d'un trou cylindrique du diamétre égal à celui qui eſt au centre de l'Inſtrument, afin que le méme cylindre qui paſſe par ce trou entre auſſi exactement dans cette plaque. Vers l'extrémité de la Lunette T V, du côté de l'oculaire, eſt une piéce coudée de même qu'à l'alidade du Quart de cercle, qui embraſſe l'épaiſſeur du limbe avec une vis par-deſſous, pour arrérer l'alidade dans la ſituation que l'on véut, & un petit chaſſis par-deſſus, qui porte un cheveu que l'on dirige par le moyen d'une couliſſe : ce cheveu doit être dirigé au centre & peut avancer ou reculer & être arrété fixément à l'alidade par le moyen de deux vis.

Les trois Lunettes S R, G I & V T, ont chacune au foyer commun du verre objectif & de l'oculaire, un chaſſis qui enrre à couliſſe par l'un des côtés & qui porte deux ſoies, qui ſe coupant à angles droits, doivent être paralléles aux côtés de la Lunette. On les arréte dans cerre ſituation par le moyen de deux vis. Nous allons expliquer ceci un peu plus en détail par le moyen de la figure 2[me].

Fig. 2. Cette Lunetre eſt compoſée de deux piéces FR & VR, qui entrent exactement l'une dans l'autre, & qui ont vers leurs extrémités deux quarrés de cuivre M & N, d'égale grandeur, percés chacun d'un trou concentrique, dont la diſtance eſt un peu plus petite que la longueur du rayon de l'Inſtrumenr. On tourne ces tuyaux, de ſorte que les côtés correſpondans des deux quarrés ſoient ſur un même plan, & on les arréte dans cette ſituation.

Ayant placé dans le tuyau F V un verre objectif vers ſon extrémité F, on fait entrer à l'autre extrémité V un petit tuyau *a b*, dont la longueur eſt égale à celle du foyer du verre ; à l'extrémité *f g* de ce tuyau on place deux fils de ſoie ſimple *a e*, *f g*, qu'on fait croiſer à angles droits. On enfonce le petit tuyau *a b* dans le grand F V, enſorte que les fils *a e*, *f g*, ſoient au foyer du verre objectif, & on les tourne de maniére qu'ils ſoient paralléles aux côtés des quarrés. On place le verre oculaire à l'extrémité *c* d'un autre petit tuyau *c d* de méme diamétre, & qui entre exactement dans le tuyau de la Lunette & s'applique au tuyau *a b*, qui porte les fils. Pour ce qui eſt du verre objectif, il faur qu'il ſoit bien centré, c'eſt-à-dire, qu'à ſa circonférence il ſoit par tout d'égale épaiſſeur, afin que l'axe du verre ſoit le même que celui de la Lunette.

Pour

Pour examiner si ce verre est bien centré, on met la Lunette sur un plan horisontal, & ayant regardé un objet éloigné, qui tombe sur l'intersection des fils, on marque exactement la situation de la Lunette sur le plan; on la tourne ensuite sur le côté opposé en la mettant dans la même situation, & l'on observe si le même objet tombe sur l'intersection des fils. S'il y a quelque différence il faut pousser le verre objectif jusqu'à ce que ce concours se fasse exactement; on fait ensuite la même opération sur les deux autres côtés du quarré, & si l'objet se rencontre de même sur l'intersection des fils, on est assuré que la Lunette est bien centrée; s'il y a quelque différence, il faut pousser le verre objectif de côté ou d'autre jusqu'à ce que le même objet se trouve précisément dans l'intersection des fils, de quelque côté qu'on pose la Lunette, & l'on arrête l'objectif dans cette situation.

La Lunette étant en cet état, on place les deux quarrés de cuivre qui sont joints à la Lunette (*figure* 2) dans deux chassis quarrés, arrêtés sur l'alidade, l'un vers le bord intérieur du limbe, & l'autre vers l'extrémité de l'alidade du côté du centre, mais à distance égale du rayon qui parc du centre, & qui passe par le point de la division, où l'on a marqué 90 dégrés. Le diamétre intérieur de ces chassis est un peu plus grand que le diamétre extérieur des quarrés, & ils ont à trois de leurs côtés des vis qui entrent à écrou dans leur épaisseur & servent à arrêter la Lunette après qu'on l'a avancée de côté ou d'autre, jusqu'à ce que son axe soit exactement parallele au rayon qui passe par le centre & par le point de la division de 90 dégrés.

Pour observer les hauteurs apparentes des Astres ou de quelqu'autre objet sur l'horison artificiel, on a un cylindre de cuivre *a b d e*, dont le diamétre *a d* est égal au diamétre du trou cylindrique du centre de l'Instrument, (*figure* 1) & dont la longueur *a b* est égale à l'épaisseur du trou. On arrête fixément sur la surface extérieure *a d* de ce cylindre une piéce de cuivre *g f*, perpendiculaire à cette surface. Cette piéce a deux petites oreilles *i l*, qui sont percées chacune d'un fort petit trou, pour y faire passer une aiguille déliée, dont la pointe entre précisément dans le centre du cylindre, qui est aussi percé d'un très-petit trou en *c*; on fait entrer ce cylindre par derriére l'Instrument, en sorte que sa surface extérieure soit exactement dans le plan du limbe, & l'on suspend à l'aiguille qui répond au centre un cheveu dont la longueur doit un peu excéder celle du rayon de l'Instrument, & à l'extrémité duquel est attaché un petit plomb. Lorsqu'on se sert de l'alidade pour observer les angles de position, qui sont entre divers objets diposés sur l'Horison, on a un autre cylindre de cuivre *a c d e*, dont le diamétre *a d* est égal au trou qui est au centre de l'Instrument, & dont la longueur *a c* est égale à l'épaisseur dudit Instrument & à celle de l'alidade. On fait entrer ce cylindre dans le centre de l'Instrument & dans celui de l'alidade, & on l'arrête par le moyen d'une vis *f g* qui entre à écrou dans son épaisseur. Fig. 1. Fig. 9.

La division de cet Instrument se fait comme au Quart de cercle & au Sextans, c'est-à-dire, en dégrés & en minutes, de cette maniére: on décrit du centre sur le limbe deux arcs concentriques éloignés l'un de l'autre d'environ 13 lignes; après avoir tracé un rayon du centre perpendiculaire à l'endroit ou doit commencer la division, on divise chacun de

ces arcs en dégrés, & chaque dégré en six parties, qui sont de dix minutes chacune. Chaque dégré est de la maniére qu'on l'a représenté (*figure* 4.)

Fig. 4. On tire du commencement O de la division du cercle intérieur, une ligne transversale à la division X du cercle extérieur, & ainsi de suite. On divise ensuite la ligne O X en deux parties proportionnelles aux rayons *c* O, *c* X des deux cercles, & l'angle O *c* X, qui est de dix minutes, se trouve divisé en deux parties égales au point Z. On divise ensuite chacune de ces parties O Z, Z X, en cinq autres parties, ayant égard à l'inégalité que ces cinq parties doivent avoir entre elles, à cause de leur diverse distance du centre *c*; & l'on décrit de ce centre par les points de ces divisions 1, 2, 3, &c. des arcs concentriques aux deux arcs O S L T, qui divisent toutes les transversales en dix parties, dont chacune répond à une minute. On suppose ici que toutes les opérations, dont on vient de parler, se font faites sur le limbe de l'Instrument.

Fig. 5. Le pied pour porter l'Instrument, est composé de deux barres de fer A B, C D en forme d'arc, qui se croisent ensemble à angles droits, & s'appliquent exactement l'une sur l'autre par le moyen d'une entaille qu'on a faite dans leur commune intersection. Ces barres sont percées à leur extrémité A B, C D par des écrous où entrent des vis de cuivre de 7 à 8 lignes de diamétre, qui servent à hausser ou baisser le pied. I X est un canon de fer terminé à son extrémité X par un tenon: on fait entrer ce tenon dans un trou quarré qui est dans l'intersection commune des deux barres, & on l'arrête par-dessous avec une clavette; le canon I X est soutenu dans une situation perpendiculaire par quatre barres coudées F M, G M, H N, L N, qui entrent d'un côté dans le canon en M & en N, & de l'autre côté dans les extrémités des barres en F, G, H, L: & on les arrête par-dessous avec des clavettes. On fait entrer dans le canon I X une broche cylindrique O P, qui peut tourner sur son axe, & que l'on arrête

Fig. 6. dans la situation que l'on veut par le moyen de la vis K (*figure* 5) qui est au canon du pied. Cette broche est soudée à une plaque horisontale Q R, qui lui est appliquée à angles droits, & qui porte deux viroles Q R, dans lesquelles entre la broche X Z (*figure* 7) qui est pressée en dessous par un ressort V, & par dessus par deux vis S T, qui entrent à écrou dans les

Fig. 7. viroles Q R (*figure* 6.) Cette broche X Z est jointe à une forte plaque de fer quarrée, qui est fendue par dessous pour embrasser la Lunette G I: elle est attachée par quatre vis au cercle, qui est dans le centre de gravité de l'Instrument. Dans cet état le plan de l'Instrument qui est perpendiculaire à la broche X Z, se trouve dans une situation verticale, & sert pour observer les hauteurs apparentes des objets sur l'horison. Mais lorsqu'on veut le mettre dans une situation horisontale, on se sert d'un autre genou,

Fig. 8. tel qu'il est représenté dans la figure 8, qui a une broche semblable à celle de la figure 6; ayant fait entrer cette broche dans les viroles Q R de la figure 6, ensorte que les viroles C D de la figure 8 soient dans une situation verticale, on fait entrer dans ces derniéres la broche X Z de l'Instrument, lequel on met par ce moyen dans une situation horisontale.

On pourroit se passer de ces derniéres broches ou genoux pour mettre l'Instrument horisontalement, en faisant seulement entrer la broche X Z, dans le canon I du pied de fer, & l'Instrument seroit posé horisontalement.

Remarque sur la vérification des Lunettes de cet Instrument.

LOrsque l'angle de position, que l'on veut observer entre deux objets, n'excéde pas 50 dégrés, on se sert de la Lunette R S, & de la Lunette V T, dont on a régle le cheveu posé sur le chassis de la maniére qui a été expliquée ci-devant, & l'on compte les dégrés marqués immédiatement au-dessous de la division depuis O jusqu'à 50; mais lorsque cet angle excéde 50 dégrés, alors on dirige la Lunette G I à un des objets, & la Lunette mobile V T à l'autre objet, & l'on marque les dégrés qui sont au-dessus des premiers, & qui commençant par 90, vont en diminuant jusqu'à 40: car alors l'angle observé entre les deux Lunettes G I T V, est mesuré par l'angle V M F, complément de l'angle M V R, qui est marqué sur le limbe depuis le commencement de la division, jusqu'à l'endroit où est placé le cheveu de l'alidade. Fig. 1.

Les observations que l'on fait avec la Lunette G I, supposent que son axe est exactement perpendiculaire à l'axe de la Lunette R S; ce qu'on vérifie en observant avec les deux Lunettes R S, T V, bien réglées, un angle entre deux objets éloignés, qui soit entre 40 & 50 dégrés; on observe ensuite l'angle entre les deux objets avec les deux Lunettes G I, T V; si l'angle observé par les deux Lunettes R S, T V, est égal à celui trouvé par les Lunettes G I, T V, c'est une preuve que la Lunette G I est bien réglée. S'il y a quelque différence, on en tient compte dans les observations faites par les deux Lunettes G I, T V.

On peut aussi, pour la vérification des Lunettes de cet Instrument, observer, lorsque l'Horison est libre, les angles qui sont entre les objets disposés tout à l'entour, si la somme de ces angle est égales à 360 dégrés, il n'y a aucune correction à faire à ces angles; mais s'il s'y trouve quelque différence, il la faut partager par le nombre des angles observés tout autour de l'Horison, pour en tenir compte dans ceux que l'on observera dans la suite.

Description de la Machine parallactique.

CEtte Machine est très-commode dans la pratique, & fort utile dans l'Astronomie. Je vais en donner une description abrégée sur celle que M. Cassini a bien voulu me communiquer, tirée des Mémoires de l'Académie des Sciences au sujet d'une Eclipse de Venus par la Lune, arrivée le 31 Décembre 1720. Cet illustre Astronôme a fait faire à cette Machine quelques augmentations, pour pouvoir à toutes les heures du jour appercevoir les Planettes & les principales Etoiles fixes, & faire les mêmes observations que l'on pratique pendant la nuit. XX. Planche

A B E F est un piédestal ou support formé de plusieurs piéces de bois, dont les deux B I, A I, sont assemblées à équerre dans la traverse E F, & les quatre autres leur servent d'arc-boutans. A B est un axe de bois cylindrique posé sur ce piédestal, de maniére que son inclinaison A B I, à l'égard de l'Horison soit égale à la hauteur du pôle du lieu, où l'on observe, cet axe est engagé à son extrémité inférieure B, dans une piéce de bois quarrée G L H M, qui lui est perpendiculaire, au-dedans de laquelle il peut tourner librement. La partie A supérieure est aussi embrassée par Fig. 1.

deux piéces de bois N Q concaves en-dedans, que l'on peut ferrer l'une contre l'autre par le moyen d'une vis & d'un écrou, afin que l'axe puiffe tourner librement fans avoir trop de jeu.

Ces deux piéces font prifes dans la piéce perpendiculaire A I, & le bout de l'axe qui eft élargi eft engagé dans un parallélogramme, dont deux côtés font joints enfemble par deux piéces de bois C D, P V, de figure femblable, de cinq à fix pieds de longueur. Elles font retenues par les bouts & par le milieu avec des traverfes concaves, qui font de trois pouces de largeur & forment un canal propre à pofer une Lunette. Ces piéces C D, P V, s'élargiffent vers le milieu dans leur partie inférieure en forme de demi-cercle S O R, d'environ huit pouces de rayon : elles ont dans le refte de leur longueur environ quatre pouces de largeur fur un pouce d'épaiffeur. On arrête ces piéces de bois à l'axe de la Machine, par le moyen d'une vis T & d'un écrou derriére, qui paffe par le milieu de l'axe & par le centre de chaque demi-cercle, enforte qu'elles puiffent tourner aifément fur les côtés paralléles de l'extrémité fupérieure de l'axe A B, & s'incliner diverfement.

On dirige l'axe A B de cette machine fur le Méridien par le moyen de fon pied, dont une des traverfes B I eft dans le plan vertical qui paffe par le milieu de l'axe, & l'autre traverfe E F, lui eft perpendiculaire ; on place fur les piéces C D, P V, qui fervent de fupport, une Lunette de 8 à 10 pieds de longueur, plus ou moins, fuivant les obfervations qu'on a deffein de faire. Cette machine en cet état a deux mouvemens, l'un de l'axe autour de fon centre qui fe fait de l'Orient vers l'Occident, & l'autre du fupport de la Lunette le long des côtés applatis de l'axe qui fe fait du Midi vers le Septentrion.

Pour diriger la Lunette de cet Inftrument pendant le jour à une Etoile qu'on veut appercevoir, on a divifé en dégrés un Demi-cercle marqué O au milieu, & continué les divifions de côté & d'autre jufqu'à 90 dégrés ; mais on n'en a befoin du côté du Midi pour ce pays que jufqu'à 41 dégrés, & du côté du Septentrion que jufqu'à 49 dégrés. On a placé un *index* fur la partie applatie de l'axe, dont la direction eft perpendiculaire à cet axe, & dont la pointe en O répond aux dégrés de la divifion. On a auffi divifé fur la planche G L H M, qui eft perpendiculaire à l'axe, un cercle qui a pour centre le point milieu de cet axe. On divife en dégrés ce cercle marqué O dans fa partie fupérieure, en continuant les divifions de part & d'autre. On attache fixément à l'extrémité B de cet axe une aiguille ou *index* B O, qui lui eft perpendiculaire, & qui eft dirigée de forte que l'axe de la machine & la Lunette étant dans le plan du Méridien, l'extrémité de l'*index* réponde au commencement de la divifion. Il eft évident que les deux aiguilles étant chacune au commencement de la divifion de leur cercle, le centre de la Lunette doit être dirigé à l'interfection du plan de l'Equateur avec le Méridien.

Pour trouver préfentement à telle heure du jour que l'on voudra la fituation d'une Etoile, dont l'afcenfion droite & la déclinaifon font connues, on élevera ou l'on abaiffera le fupport C P V D, jufqu'à ce que l'aiguille marque fur le Demi-cercle divifé, le dégré de déclinaifon de cette Etoile, qui doit être de O vers R, lorfqu'elle eft méridionale, & de O vers S, lorfqu'elle eft feptentrionale. On cherchera enfuite par le moyen

de l'ascension droite de cette Etoile, son passage par le Méridien, dont la différence à l'heure donnée étant convertie en dégrés, donne la différence d'ascension droite orientale ou occidentale, que l'on marquera en faisant tourner l'axe jusqu'à ce que l'aiguille B O, se rencontre sur le dégré de différence d'ascension droite, qui doit être de O vers G, lorsque l'Etoile n'est pas encore arrivée au Méridien, & de O vers L, lorsqu'elle a passé le Méridien. Dans cet état le centre de la Lunette sera dirigé pour l'heure donnée à l'Etoile cherchée que l'on appercevra en plein jour.

Longueur & grosseur des piéces de bois dont cet Instrument est composé.

L'Arbre I A a 5 pieds de hauteur, la traverse E F 4 pieds & demi de longueur, la piéce I M 5 pieds, les quatre piéces qui servent d'arc-boutans ont 2 pieds & demi de longueur: toutes ces piéces ont 5 pouces en quarré, l'axe a six pieds de longueur en cylindre, & deux pouces de diamétre. Fig. 10.

Pour faire connoître la justesse & l'utilité de cet Instrument, nous allons rapporter le discours que M. Cassini a fait au sujet de l'Eclipse de Venus par la Lune.

Ayant dirigé le 31 Décembre 1720 à trois heures après Midi, la Lunette vers Venus, dont le passage par le Méridien & la déclinaison sont marqués dans la connoissance des tems, nous l'apperçûmes vers le bord obscur de la Lune, nonobstant que le Ciel fût couvert de nuages dans sa plus grande partie, nous continuâmes d'observer ces deux Planettes par la Lunette de la Machine parallactique, en lui donnant son mouvement d'Orient en Occident. A 3 heures 18′ 57″ nous observâmes son immersion dans la partie obscure de la Lune, qui arriva en un instant. Nous fûmes aussi attentifs à observer son immersion qui parut à 3 heures 33′ 52″ du côté de la partie éclairée de la Lune. On apperçut d'abord sur le bord de la Lune, à distance égale de ses deux cornes, un point brillant qui augmenta dans l'espace de quelques secondes, ensorte qu'on la voyoit à la vûe simple sur le bord éclairé de la Lunette, ce qui formoit un spectacle fort agréable à la vûe. On remarqua aussi avec beaucoup d'attention, si du côté que Venus regardoit le bord de la Lune, il y avoit des couleurs différentes de celles qui paroissoient du côté opposé, qui pussent être causées par quelqu'atmosphere; mais on n'en remarqua point d'autres que celles qui sont produites par la différente situation de Venus dans la Lunette, suivant qu'elle est plus proche ou plus éloignée du centre, ce que l'on examina plusieurs fois. On continua ensuite de voir Venus l'espace d'un quart d'heure, pendant lequel Venus s'éloigna un peu de la Lune, après quoi ces deux Planettes furent cachées le reste du soir par des nuages qui survinrent.

Description d'un pied pour porter de grandes Lunettes ou Télescopes.

CE pied est composé d'un arbre de 10 à 12 pieds de hauteur, & de 6 à 8 pouces de diamétre: il est pointu par le bout d'en-bas pour être enfoncé en terre. Il y a deux arc-boutans de bois de la figure d'un arc, XX. Planche. Fig. 11.

qui se croisent & sont appuyés sur terre, par leur empattement qui est large, les autres bouts sont attachés avec des clous à un cercle de fer qui entoure l'arbre à un pied & demi de hauteur. Cet arbre est encore soutenu dans une situation perpendiculaire par quatre barres de fer qui sont attachées à un autre cercle, qui entoure l'arbre à trois pieds de hauteur, & les autres bouts de ces barres sont attachés avec des clous rivés aux arcboutans.

Au haut de l'arbre est une poulie au moins d'un pied & demi de diamétre: cette poulie est soutenue de chaque côté par une piéce de fer assez forte: ces deux piéces de fer sont percées vers le haut, qui est en cercle, d'un trou semblable à celui qui est au centre de la poulie, & l'on y passe un boulon de fer: les bouts d'en-bas de ces piéces de fer sont aussi percés & sont joints à une piéce de bois forte & épaisse pour servir comme de piédestal; on perce deux trous à cette piéce vis-à-vis ceux qui sont percés au bas des deux piéces de fer, & l'on y passe deux boulons de fer, ensorte que la poulie soit bien soutenue & tourne librement. Il y a aussi un gros boulon de fer qui est arrêté fixément au milieu de la piéce de bois qui sert de piédestal, & qui entre assez avant dans le corps de l'arbre, ensorte que la poulie tourne par ce moyen en tous sens.

On passe dans le creux de la poulie une corde qui supporte par un bout un plomb proportioné au poids du canal de bois dans lequel on pose la Lunette. On voit par la figure, qu'à l'autre bout de la corde on y passe un anneau de fer, assez large & assez fort pour supporter le poids du canal & de la Lunette. Il y a une vis au milieu du cercle de fer, pour arrêter le canal à l'endroit où l'on veut. On peut faire hausser ou baisser la Lunette, à hauteur convenable, par le moyen des bouts de corde, qui sont attachés l'un au-dessous du plomb, & l'autre au-dessous de l'anneau. On pourra aisément se servir sur ce pied d'une Lunette de plus de vingt pieds.

Le principal usage de ces grandes Lunettes est pour observer les Astres; & particuliérement les Eclipses du Soleil. On met dans le tuyau au foyer du verre objectif & de l'oculaire, un papier sur lequel on a tracé six cercles concentriques, & l'on conduit la Lunette vis-à-vis le Soleil; alors l'image de l'Eclipse se représente sur le papier blanc, & l'on connoît les doigts éclipsés par le moyen des cercles qui sont tracés dessus.

Comme cet Instrument est pour servir à l'air, & qu'il est sujet à être exposé à la pluie, il sera bon d'y faire passer plusieurs couches de couleur à l'huile.

Diverses Méthodes pour décrire une Méridienne & placer un Gnomon, pour trouver l'instant où le centre du Soleil passe au Méridien, & régler une Pendule au Soleil.

CEs méthodes sont tirées des Mémoires de Messieurs de la Hire, Cassini & de Lisle, de l'Académie Royale des Sciences. Pour régler les Pendules au Soleil, on se sert à l'Observatoire de Paris, d'un Quart de cercle arrêté au centre du Méridien. Au centre de cet Instrument est attachée une régle qui porte une Lunette, dans laquelle est un fil parallele au plan du Quart de cercle; ce qui fait que la régle glissant sur le limbe du Quart de cercle, le fil dont on vient de parler, décrit dans le Ciel le

plan du Méridien, ce que l'on reconnoît en observant le passage des Astres par les différens points du Quart de cercle, en même tems que l'on a déterminé par les hauteurs correspondantes à quelle heure de la Pendule ces Astres doivent passer au Méridien. Au défaut de cet Instrument (que tout le monde ne peut pas avoir, non plus qu'un lieu propre pour s'en servir) on régle les Pendules au Soleil par le moyen des hauteurs correspondantes ou égales du Soleil, lesquelles étant prises avec un Quart de cercle de médiocre grandeur, donnent l'heure du passage du Soleil par le Méridien, aussi exactement que si on l'avoit observé avec un Quart de cercle placé dans le mur. Deux ou trois heures avant midi on observe la hauteur du Soleil, en marquant exactement le tems de l'Observation, par le moyen d'une Pendule à secondes bien réglée; ce qu'on répete le même jour après midi, le Soleil étant parvenu à la même hauteur. Il est clair que si au tems de l'Observation du matin on ajoûte la moitié du tems écoulé entre les Observations correspondantes, on aura l'instant où le centre du Soleil a passé par le Méridien. Mais il faut chaque jour que l'on veut avoir cet instant, répéter ces Observations correspondantes, ce qui est fort long & sur tout hors le tems des Solstices, où la déclinaison du Soleil changeant sensiblement du matin au soir, il est besoin pour corriger cette différence, d'une opération un peu difficile; car il est assez rare que le Ciel soit découvert le matin & l'après-midi, au lieu qu'il est plus ordinaire de le trouver découvert à midi. C'est pour cela que ceux qui veulent mettre leurs Pendules au Soleil le plus souvent qu'il leur est possible, tracent des Méridiennes & élévent des Gnomons, lesquels étant faits avec soin, peuvent donner assez de précisions pour les Observations astronomiques.

Par le nom de Gnomon, on n'entend d'abord autre chose qu'un style élevé perpendiculairement sur un plan horisontal. Mais comme la pénombre du bout du style, s'il étoit en plein air & sans abri, empêcheroit d'avoir la détermination exacte de l'ombre vraie, à ce bout de style on a substitué un trou rond percé au haut de la muraille, ou à la voute d'une chambre obscure, de maniére que l'image lumineuse du Soleil passant par ce trou, on ait sur le Plan opposé un point qui réponde au centre du trou. Mais pour avoir cette image la plus sensible, & en même tems la plus distincte qu'il est possible, il faut observer que le trou doit être fait à une piéce de cuivre ou de fer scellée horisontalement à l'endroit qu'on aura trouvé le plus commode; que l'endroit du plancher qui reçoit l'image soit blanchi & bien de niveau, que le trou ne soit ni trop grand ni trop petit, mais à peu près de la milliéme partie de la hauteur du Gnomon, comme il a été observé dans le grand Gnomon de Bologne, laquelle hauteur est proprement la ligne perpendiculaire tirée du centre du trou sur le plancher, & dont le point de rencontre avec le plancher devient le pied du Gnomon, par lequel doit passer la ligne méridienne, de la maniére que nous allons expliquer.

Au tems des Solstices, décrivez par une observation continue la voie du centre du Soleil sur le plancher; ensuite tracez un cercle dont le pied du Gnomon soit le centre & ait pour rayon ou Demi-diamétre une longueur telle que le cercle rencontre la voie du centre du Soleil aux deux points les plus éloignés entre eux: si vous coupez en deux parties égales l'arc compris entre ces deux points de rencontre, la ligne tirée par ce point

milieu & par le pied du Gnomon sera la ligne méridienne. Cette méthode est la plus simple & des plus faciles à entendre; il faut seulement faire quelques observations par rapport à la voie du Soleil.

On appelle *voie du centre du Soleil*, ou *cône de lumière* celle qui est décrite sur le plancher, par le rayon qui part du centre du Soleil, & qui passe par le milieu du trou du Gnomon. Mais pour avoir le point milieu de cette voie, il faut d'abord tracer une ligne autour de l'image apparente du Soleil; & comme cette ligne est à peu près elliptique, du pied du Gnomon comme centre, il faut décrire un arc de cercle qui soit renfermé dans l'image. Il est constant que la ligne droite tirée par le pied du Gnomon & le milieu de cet arc, sera le diamétre de l'image. Il est constant encore, que si des deux extrémités de ce diamétre on retranche une portion égale au demi-diamétre du trou, & qu'on divise ensuite le reste à raison des rayons qui tombent du centre du trou sur les extrémités de ce reste, le point de division sera celui de la voie du centre du Soleil, & l'endroit où doit passer la ligne Méridienne. La figure 12 représente assez ce qui vient d'être dit, pour mettre au fait ceux qui voudront faire cette opération.

XX. Planche. Fig. 11.

Il y auroit encore un moyen très-simple & très-commode d'avoir la ligne Méridienne, si l'on étoit sûr d'avoir un Cadran solaire, ou une pendule bien juste; ce seroit dans l'instant qu'il est midi à cette pendule ou sur ce cadran, de tracer sur le plancher l'image apparente du Soleil, ou seulement sa largeur par rapport au pied du Gnomon. Il est certain que la ligne tirée du pied du Gnomon, & par le point milieu de cette largeur, seroit la ligne Méridienne, laquelle étant trouvée, il ne reste plus qu'à la diviser, ainsi que la hauteur du Gnomon, en petites parties de quelque mesure connue, comme sont les lignes du pied de Paris, dont on marquera le nombre, en commençant du pied du Gnomon.

Ce Gnomon ainsi préparé, l'usage en est très-facile pour les observations astronomiques. Ainsi, pour observer la hauteur méridienne du Soleil, il ne faut, lorsque le diamétre de son image sera dans la ligne méridienne du Gnomon, que marquer exactement les extrémités de ce diamétre, & chercher ensuite par la méthode que nous venons de donner, le point qui répond au centre du Soleil; d'où comptant les parties qui se trouveront jusqu'au pied du Gnomon, faites un triangle rectangle, dont le côté soit égal aux parties trouvées sur la ligne méridienne, & l'autre à la hauteur du Gnomon; alors vous aurez par la Trigonométrie l'angle opposé à la hauteur du Gnomon, qui sera la hauteur apparente du centre du Soleil sur l'Horison.

Il faut cependant prendre garde que la lame du trou du Gnomon, quand elle est échauffée, brouille tellement l'air qui l'environne, que l'image du Soleil en devient très-incertaine, & d'autant plus, que la hauteur du Gnomon est grande; mais pour remédier à cet inconvénient, il ne faut qu'avoir la précaution de tenir toujours cette lame couverte, hors le tems des observations. Telle est la construction & l'usage du Gnomon ordinaire que M. de la Hire a donnée dans ses Tables astronomiques.

Mais M. de Lisle dans le Gnomon qu'il avoit fait pour son usage, au lieu d'une ligne méridienne tracée sur le plancher, se sert d'un fil très-fin & très-uni, tel que sont plusieurs cheveux noués les uns au bout des autres, lequel fil il place très-exactement & tout entier dans le plan du Méridien,

&

& à une hauteur convenable pour recevoir dessous l'image du Soleil sur un papier blanc, & faire ses opérations. L'avantage de ce Gnomon particulier, comme il l'a montré dans un Mémoire qu'il a donné à l'Académie des Sciences, est de rendre l'image du Soleil plus certaine & plus distincte, ce qui est en effet le point principal du Gnomon.

Description d'un Instrument pour prendre la hauteur du Soleil, & pour servir à décrire la Méridienne.

LA Méridienne décrite par la comparaison du lever & du coucher du Soleil aux jours des Solstices, est une des plus simples & des plus exactes que l'on puisse exécuter, lorsque la circonférence de l'Horison est réguliére; mais parce que dans le Continent on n'a pas toujours l'Horison libre, à cause des hauteurs ou des montagnes qui s'élévent sur la surface de la terre, on est obligé de se servir souvent de l'Horison artificiel, qui corrige l'Horison sensible. On suppose que la surface de l'eau se conforme naturellement par sa fluidité à celle que la terre auroit sans ses inégalités, & que le fil à plomb y est perpendiculaire & dirigé au point vertical du Ciel. La surface de l'eau tranquille, de même que celle d'un Plan auquel un fil à plomb est perpendiculaire, est donc censée être horisontale, & l'on s'en sert comme d'un Horison artificiel, à l'égard duquel on prend les hauteurs apparentes des Astres.

On éléve sur un cercle horisontal un Quart de cercle vertical, dont le centre est le même que celui du cercle horisontal. On divise ce cercle en 4 fois 90 dégrés, & ce Quart de cercle en 90 dégrés, pour observer les hauteurs apparentes du Soleil & des autres Astres sur l'Horison & leurs distances au Zénith, qui est le point vertical également éloigné de tous les points de l'Horison artificiel. Le Quart de cercle étant élevé à plomb sur la Méridienne, sert à prendre les hauteurs méridiennes du Soleil & des autres Astres. Dans une autre situation déclinante de la Méridienne sa base marque la déclinaison de la Méridienne sur la circonférence de l'Horison artificiel divisée en dégrés, de même que le Quart de cercle. Il est bon de dire ici que plus cet Instrument sera grand, & plus il aura de justesse, afin de le pouvoir diviser en minutes par transversales au moins de 10, ou de 5 en 5 minutes. XX. Planche. Fig. 11.

On peut par le moyen de cet Instrument, dont la description est tirées des Mémoires de M. Cassini, trouver la Méridienne, en observant des hauteurs égales du Soleil avant & après midi les jours des Solstices, & marquant en même tems la situation des deux verticaux sur le cercle horisontal. Car divisant l'arc de l'Horison artificiel compris entre les deux verticaux en deux parties égales, le point de la division sera le point horisontal du midi exactement aux jours des Solstices. A l'égard des autres jours de l'année, il faut tenir compte d'une petite équation qui varie en divers tems, suivant les régles connues des Astronômes, & on aura la Méridienne aussi exactement qu'aux jours des Solstices, en prenant des hauteurs égales du Soleil deux ou trois heures avant & après midi, lorsque les hauteurs varient sensiblement en peu de tems.

M. Cassini dit que pour trouver la Méridienne dans les Temples & les Maisons, on se sert de la lumiére du Soleil que l'on fait entrer par une

ouverture ronde, par laquelle passent les rayons du Soleil qui se terminent au Plan horisontal, & y forment l'image du Soleil. La trace que cette image décrit par son mouvement représente celle que le Soleil parcourt dans le Ciel. En suivant pendant quelque tems aux jours des Solstices la trace du bord Septentrional, & celle du bord Méridional du Soleil, & la marquant sur le pavé horisontal une ou deux heures avant & après midi, on trouve dans cette trace deux points également éloignés du point, où la perpendiculaire tirée du centre de l'ouverture, tombe sur le Plan horisontal, l'un avant & l'autre après midi. Ayant divisé l'intervalle, qui est entre ces deux points en deux parties égales, on tire par le point de division & par le point vertical une ligne droite qui est la Méridienne.

C'est par cette Méthode que feu M. Cassini le pere traça la ligne Méridienne de saint Pétrone de Bologne, dont la longueur est de 21 pieds, qui fut examinée quarante ans après sur d'autres Méthodes très-certaines, & qui fut trouvée précisément dans la même direction, ce qui s'accorde avec l'hypothese la plus communément reçue, qui est que la Méridienne ne change point de situation sur la surface de la terre.

Messieurs Bianchini & Maraldi ont tracé depuis par ordre du Pape, dans l'Eglise des Chartreux de Rome, une Méridienne semblable pour y faire les observations des Equinoxes, & s'en servir pour régler le Calendrier Ecclésiastique.

CHAPITRE III.

De la construction & usages de différens Micométres.

L'Utilité du Micrométre dans la pratique de l'Astronomie a fait imaginer différentes maniéres de le construire, pour en rendre l'usage & plus facile & plus universel. C'est par le moyen de cet Instrument, que l'on a déterminé exactement les excentricités du Soleil & de la Lune, en comparant leurs diamétres apparents dans tout leur cours. Il sert pareillement à mesurer les diamétres des Astres & les moindres distances qui ne surpassent point un dégré ou un dégré & demi, comme aussi à observer facilement les Eclipses de Soleil & de Lune.

Nous commencerons par celui qui est décrit dans les Tables astronomiques de M. de la Hire, auquel j'ai fait quelque changement pour le rendre plus commode, en faisant que l'*index* qui marque les tours de la vis, ne soit pas au haut du collet de ladite vis, mais qu'il soit toujours appliqué sur la plaque ronde, qui est divisée pour marquer les distances, comme nous dirons ci-après.

XXI. *Planche.* Fig. 1. Cet Instrument est composé de deux cadres rectangles, dont celui ABCD, qui est le plus grand & qui contient celui dont on va parler ci-après, a ordinairement quatre pouces & demi de long, & deux pouces & demi de large. Les côtés AB, CD, sont divisés en parties égales, & éloignées entre elles d'environ quatre lignes, car c'est suivant les tours de vis, comme nous dirons ci-après; mais de telle sorte que les lignes tirées par chaque division, soient perpendiculaires aux côtés AB, CD. Il faut que ces lignes

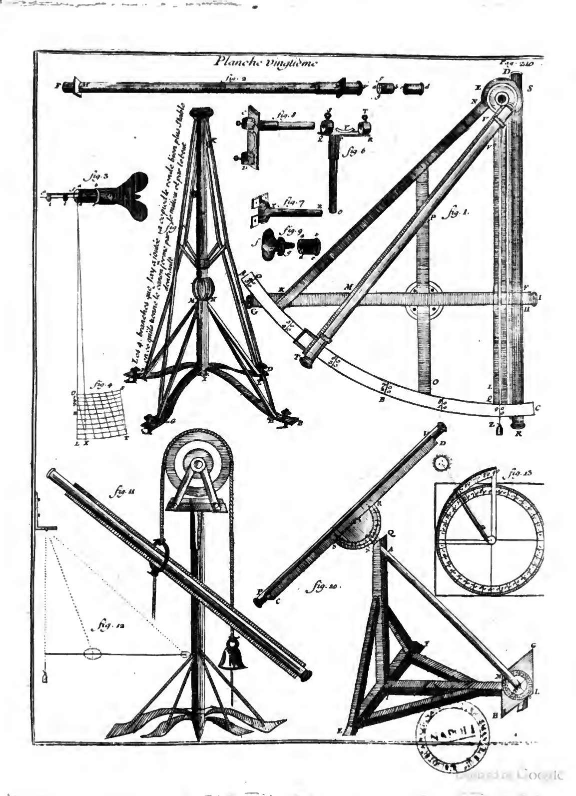


Planche vingtième
Pag. 210
fig. 1.
fig. 2
fig. 3
fig. 4
fig. 6
fig. 7
fig. 8
fig. 9
fig. 10.
fig. 11
fig. 12
fig. 13
Les 4. branches que jay ajoutée au pied le rende bien plus stable
en ce quils tiennent le canon ferme par le milieu et par le bout
d'enhault

soient bien fines & bien profondes, afin que les fils de soie que l'on applique à ces divisions soient comme ensévelis au fond des lignes, & bien tendus & retenus avec de la cire qu'on y attache aux endroits marqués 2.

L'autre cadre E F G H (dont la longueur E F n'est que de deux pouces & demi) s'ajuste de telle maniére dans le premier cadre, que les côtés E F, G H de ce petit cadre-ci, peuvent se mouvoir juste au long des côtés A B, C D, du grand cadre, ce qui se fait en les assemblant en queue d'aronde ou biseau & à coulisse. La face de ce second cadre, qui regarde la face divisée du premier, est aussi garnie d'un fil de soie fort délié, tendu à l'endroit marqué 4, lequel dans le mouvement du cadre demeure toujours paralléle aux fils du premier cadre, en les approchant de fort près au-dessus l'un de l'autre, sans pourtant se toucher. On place au milieu du côté B D, qui est renfoncé en cet endroit, une vis marquée I, dont le cylindre (qui doit avoir environ trois lignes de diamétre) est taraudé d'un pas fin : cette vis n'est pas taraudée par le bout d'en haut, on y fait un collet sur le tour d'environ six lignes de hauteur, & on y réserve un cercle excédant au bas dudit collet d'environ une ligne & demie. On passe ce collet dans le trou du milieu du grand cadre qui doit être juste de la grosseur du collet. Au-dessus de la plaque ronde divisée on lime le collet quarrément pour y mettre l'*index* M, & un écrou à oreilles marqué O. Au-dessus de cet écrou on taraude le restant du collet d'une vis, pour y mettre un petit écrou, afin de pouvoir tout démonter, & contenir le tout bien ferme; ensuite on fait entrer le bout d'en-bas de la vis dans le trou du petit cadre qui est taraudé, & qui est aussi renforcé en cet endroit; alors les choses étant en cet état en tournant l'écrou à oreilles, on fera tourner l'*index* sur la plaque dont nous allons parler, puis la vis I; & par ce moyen on fera descendre ou remonter le petit cadre, & par conséquent le fil de soie qui y est attaché à l'endroit marqué 4.

On attache la plaque ronde avec deux vis sur l'épaisseur du grand cadre aux endroits marqués N. On la divise ordinairement en 60 ou en 100 parties égales, qui servent à compter les tours de la vis, dans les usages qu'on en fait, & ce par le moyen de l'*index* M, qui dans cette construction tourne toujours avec la vis sur la plaque ronde. La division des côtés du cadre A B C D, se fait suivant la grosseur du pas de ladite vis. Car si l'on veut que les divisions soient éloignées l'une de l'autre comme de 10 tours de vis, on fait faire 10 tours à ladite vis, & on remarque combien le petit cadre a fait de chemin; si c'est quatre lignes, on fait les divisions distantes l'une de l'autre de quatre lignes, & on place les filets bien juste dessus.

On met assez souvent un Micrométre à la Lunette fixe des Quarts de cercles qu'on ajuste au foyer de l'objectif & de l'oculaire, alors les filets placés ordinairement à ladite Lunette, sont en diagonale, afin de ne pas faire de confusion avec ceux du Micrométre qui sont paralléles. On n'en met que deux, l'un sur le petit cadre, & l'autre sur le grand; & comme on a de la peine à voir les tours de vis qu'on a fait sur la plaque ronde lorsque la Lunette est haute, on fait une division au milieu du côté du Micrométre, qui est de 50 parties égales d'un côté, & 50 parties de l'autre, c'est-à-dire, 50 parties en montant, & 50 parties en descendant. Il y a un petit *index* qui coule au long d'une ouverture, & qui hausse & baisse, suivant les tours qu'on fait faire à la vis, par le moyen d'une roue dentée

qu'on peut faire autour du cercle excédant qui est au bas du collet de la vis. On peut encore ajuster un pignon qui engrene dans ladite roue, à l'axe duquel il y ait une vis sans fin dans laquelle sera engagé l'*Index* qui coule le long de la division : alors ladite vis sans fin le fera descendre ou monter suivant les tours qu'on fera faire à la vis I.

Pour obvier aux changemens qui arrivent facilement aux fils de soie par la chaleur ou autrement, Mr de la Hire propose une chose fort commode, c'est de placer au lieu de soie une plaque de verre blanc, ou un morceau de glace mince, bien uni, qu'on ajuste dans une rainure faite au long du cadre. On trace sur ce verre des traits paralléles & très-déliés qui font le même effet que la soie. Toute la difficulté consiste à tracer ces lignes bien délicatement, & à choisir une glace bien nette & bien polie, car les défauts se grossissent extrêmement quand on les voit dans les Lunettes. On se sert d'un petit diamant, dont la pointe soit fort fine, pour tracer très-légérement sur le verre ces lignes. La figure 1re de la planche 21, fait assez connoître la construction de ce Micrométre, qui est fort commode pour tous les usages que nous allons expliquer.

Toute la Machine se joint aux grandes Lunettes à observer, par le moyen des piéces marquées L, qui débordent le cadre & qui entrent à coulisse dans une espéce de boëte de fer blanc parallélogramme, aux deux côtés de laquelle il y a deux ouvertures circulaires où sont soudés deux bouts de tuyau, l'un pour recevoir d'un côté le tuyau qui porte le verre oculaire, & l'autre pour recevoir le tuyau qui porte le verre objectif, de maniére que le Micrométre doit être placé juste au foyer de ce verre.

Usages du Micrométre.

IL se fait au foyer de la lentille ou du verre objectif une vive représentation des objets au point où sont posés les fils du Micrométre. C'est pourquoi si l'on ajoûte au-devant du Micrométre la lentille oculaire qui en soit plus ou moins éloignée de l'étendue de son foyer, selon la nature & constitution des yeux de l'Observateur, les objets & les fils de soie y paroîtront distinctement.

Si donc on mesure en lignes ou 12mes de pouce la longueur du foyer de la lentille objective, ou ce qui est la même chose, la distance depuis le milieu de l'épaisseur de ladite lentille jusqu'aux fils de soie du Micrométre, cette longueur sera à la distance de 4 lignes, qui font l'intervalle des fils, comme le rayon ou Sinus total à la Tangente de l'angle compris entre les fils paralléles, ce qui est évident par la Dioptrique. Car nous supposons que la distance entre l'objet & l'œil de l'Observateur est si grande, que la longueur du foyer de la lentille n'est d'aucune conséquence à l'égard de cette distance ; de sorte que les rayons qui partent des points de l'objet passent directement par le centre de la lentille jusqu'aux fils, ni plus ni moins que si l'œil de l'Observateur étoit placé dans la lentille objective même. L'expérience pourra nous confirmer cette invention, & nous servir à trouver la même chose.

Tirez sur une petite table blanche & bien unie deux lignes droites noires & paralléles entre elles, dont l'intervalle soit tel que d'environ 2 ou 300 toises, elles soient contenues entre deux fils paralléles du Micrométre ; éloignez dans un lieu commode & pendant un tems serein, sans agita-

tion sensible de l'air, la table de la Lunette du Micrométre, jusqu'à ce que les lignes de ladite table (qui doit être perpendiculaire à la ligne droite tirée de ladite table au Micrométre) soient cachées par les fils paralléles dudit Micrométre; pour lors la distance entre la table & le verre objectif du Micrométre sera en même raison à l'intervalle des lignes de la table, comme le Sinus total à la Tangente de l'angle compris entre deux fils paralléles du Micrométre.

Faites ensuite mouvoir le cadre E F G H par le moyen de la vis, jusqu'à ce que son fil de soie convienne exactement à un des fils paralléles de l'autre cadre, & remarquez la situation de l'*Index* de la vis; faites-la tourner jusqu'à ce que le même fil du cadre E F G H convienne avec le fil prochain de l'autre cadre, ou ce qui est la même chose, faites mouvoir le cadre E F G H par l'espace de quatre lignes ou d'un tiers de pouce, ce qui se connoîtra facilement par le moyen de la lentille ou verre oculaire de la Lunette, laquelle multiplie les objets, & comptez les tours de la vis & les parties d'une révolution qui conviennent à l'intervalle des fils. Construisez enfin une Table des révolutions de la vis & de ses parties qui conviennent à chaque minute & à chaque seconde, ayant, comme nous venons de dire, connu l'angle qui convient à l'intervalle entier. XXI. *Planche.* Fig. 1.

Lorsque vous voudrez observer le diamétre d'une Planéte, dirigez vers elle la Lunette de longue vûe & son Micrométre, disposez les fils par le mouvement de la Lunette, de façon qu'un bord de l'Astre atteigne un des fils paralléles immobiles, & tournez l'écrou ou la vis jusqu'à ce que le fil mobile joigne l'autre bord de la Planéte. Il est évident que l'on connoîtra le diamétre de la Planéte par la distance connue entre les fils du Micrométre qui contiennent la Planete.

Nous avons dit qu'il y a un *Index* au-dessus de la plaque ronde, lequel marque sur le bord d'un cercle divisé en 60 ou 100 parties égales les fractions d'une révolution entiére dudit écrou.

Cette Méthode est commode pour mesurer les diamétres apparens des Planétes, si le corps de la Planéte se meut entre deux fils paralléles. Cependant il faut remarquer qu'à l'égard du Soleil & de la Lune leurs diamétres paroissent fort inégaux à cause des Réfractions. Dans les moindres élévations sur l'horison par l'espace de 30 minutes, le diamétre vertical paroît un peu moindre qu'il n'est en effet aux environs de l'Horison, & le diamétre horisontal ne se peut reconnoître qu'avec bien de la peine, & par des observations plusieurs fois répétées, non plus que la distance entre deux Astres ou entre les cornes de la Lune, à cause de son mouvement diurne qui paroît fort vîte par le Télescope ou Lunette.

Par la même méthode on peut observer sur la Terre les petites distances, & plus facilement que les Corps célestes, à cause de l'immobilité de l'objet.

Si les deux Astres passent par le même Méridien à différentes hauteurs & en différens tems, la différence de leur hauteur donne le différent éloignement où ils sont de l'Equateur vers l'un ou vers l'autre Pôle, ce qu'on appelle leur différence de déclinaison, & l'on voit par la différence du tems où ils viennent au Méridien, le différent éloignement où ils sont d'un point déterminé de l'Equateur qui est le premier dégré d'*Aries*, c'est-à-dire, qu'on a leur différence en Ascension droite.

Si les deux Astres sont éloignés l'un de l'autre, on a dans l'intervalle de leur passage par le Méridien & par le Micrométre, assez de loisir pour avoir entiérement fini les opérations qui regardent le premier avant que d'aller au second; mais s'ils sont fort proches l'un de l'autre, il est très-difficile de faire en même tems les deux observations, outre que l'on ne peut pas toujours prendre les deux Astres assez précisément dans le Méridien.

M[r] de la Hire donne le moyen de remédier à cet inconvénient, en ne se servant que du Micrométre ordinaire. La seule observation du passage des Astres entre les filets, ou sur les filets du Micrométre, donnera par des conséquences faciles la différence de déclinaison & d'Ascension droite, sans supposer même aucun Méridien connu ni tracé.

Que si l'on veut avoir la différence de déclinaison & d'Ascension droite de deux Astres, qui ne peuvent pas être compris entre les fils du Micrométre, on pourra la trouver par la méthode suivante.

Nous ajustons au Micrométre un fil de soie, que l'on appelle transversal, parce qu'il coupe à angles droits les fils paralléles; on l'attache avec de la cire au milieu des côtés A C, B D. Ayant donc affermi la Lunette & le Micrométre en telle position que l'on juge à propos, pourvû que les Astres que l'on veut observer puissent passer l'un après l'autre par les fils croisés, comme on voit en la figure 2, les Astres A & S, on observera par le moyen d'une pendule à secondes les tems que le premier Astre A touchera
Fig 2. le point où le fil transversal A S croisera quelqu'un des fils paralléles, comme A D. Le Micrométre étant disposé pour cette observation, ce qui n'est d'aucune difficulté, on comptera les secondes de tems qui s'écouleront entre l'observation faite au point A, & l'arrivée du même Astre au point B, à la rencontre d'un autre fil paralléle B D. Nous observerons de même le tems que l'autre Astre S rencontrera le fil transversal au point S, & ensuite au point D du fil paralléle B D.

Ce sera la même chose si l'Astre S rencontre premiérement le fil paralléle en D, & ensuite le fil transversal en S.

Comme le nombre des secondes de tems qu'employe le mouvement de l'Astre A par l'espace A B, est au nombre des secondes du mouvement de l'Astre S par l'espace S D; ainsi la distance A C (laquelle est connue en minutes & secondes de dégré dans le Micrométre) est à la distance C S en même espéce de minutes & secondes.

Mais il faut convertir les secondes horaires du mouvement par l'espace A B, en minutes & secondes de grand cercle, tels que sont ceux de la distance C A au Micrométre, ce qui se fait par la régle ordinaire de proportion.

Ayant d'abord converti les secondes de tems du mouvement d'A en B (que nous regardons ici comme une ligne droite, ou comme un arc de grand cercle) en minutes & secondes de cercle, en prenant 15 minutes de cercle pour chaque minute d'heure, & de même des secondes, on dira ensuite par une régle de proportion: Comme le Rayon ou Sinus total est au Sinus de complément de la déclinaison connue de l'Astre; ainsi le nombre pareillement connu des secondes de l'arc A B est au nombre des secondes de la même espéce contenues en C A, comme arc de grand cercle.

De plus au Triangle rectangle & rectiligne C A B, les côtés C A, A B étant donnés avec l'angle droit en C, nous trouverons l'angle C A B; &

ſuppoſant la perpendiculaire C P R du point C ſur A B, A B ſera à C A, comme C A eſt à A P.

Mais au Triangle rectangle C A P, outre l'angle droit nous avons l'angle A avec le côté C A, c'eſt pourquoi comme le Rayon ou Sinus total eſt à C A, ainſi le Sinus de l'angle C A P eſt à C P; & comme le nombre des ſecondes horaires du mouvement d'A en B eſt au nombre des ſecondes horaires du mouvement d'S en E, ainſi C P eſt à C R. Donc en ôtant C R de C P, ou bien les ajoûtant enſemble, ſi A B & S E ſont de l'un & l'autre côté du point C, nous aurons la valeur de P R en parties de grand cercle, qui ſera la différence de déclinaiſon de l'un & de l'autre Aſtre obſervé. Nous n'avons aucun égard à la différence du mouvement par les eſpaces A B & S E cauſée par la différence de déclinaiſon, parce qu'elle n'eſt d'aucune conſéquence dans les différences de déclinaiſon, telles qu'on peut les obſerver par le Micrométre.

Enfin, comme A B eſt à A P, ainſi le nombre des ſecondes horaires du mouvement de l'Aſtre A obſervé par l'eſpace A B, eſt au nombre des ſecondes du mouvement du même Aſtre par l'eſpace A P. On connoîtra donc le tems que l'Aſtre A parvient en P. Mais comme le nombre des ſecondes horaires par l'eſpace A B eſt au nombre des ſecondes horaires par l'eſpace S E; ainſi le nombre des ſecondes horaires par l'eſpace A P eſt au nombre des ſecondes horaires par S R. On connoît de plus le tems que l'Aſtre S eſt parvenu en S, à quoi l'on ajoûte le tems par S R, ſi les rencontres A & S ſont du même côté du point C; ſinon il faut ſouſtraire le tems par S R du tems de l'Obſervation en S, pour avoir le tems que l'Aſtre S eſt parvenu en R. Or la différence de l'arrivée des Aſtres en P & R, c'eſt-à-dire, à un même cercle Méridien, ſera leur différence d'Aſcenſion droite, laquelle ſe pourra réduire en dégrés & minutes par les régles de proportion. Il faut remarquer que nous n'avons ici aucun égard au mouvement propre des Aſtres, pour la différence du tems entre leur rencontre ſur le Méridien C P.

De cette méthode il eſt facile de reconnoître comment, au lieu du fil paralléle C B D, on peut ſe ſervir d'un autre paralléle qui paſſe par A, ou de tout autre, comme auſſi du paralléle mobile, pourvû qu'il s'y forme des Triangles ſemblables, ce qui s'entend par ce que nous avons dit ci-devant.

Nous pouvons encore faire la même choſe par une autre méthode. Car ayant diſpoſé les fils paralléles de maniére que le mouvement du premier Aſtre ſe faſſe ſur un deſdits fils; on marque le tems auquel le même Aſtre rencontre le fil tranſverſal: on obſerve de même le tems que l'autre Aſtre arrive au même fil tranſverſal; ſi cependant on ajuſte le fil paralléle mobile au ſecond Aſtre, ſans changer aucunement le Micrométre, on trouvera par le moyen de la diſtance des fils paralléles dudit Micrométre, la diſtance entre les paralléles de l'Equateur qui paſſent par les lieux deſdits Aſtres, qui eſt la différence de leur déclinaiſon. Et ſi la différence du tems entre le paſſage de l'un & de l'autre Aſtre par le fil tranſverſal eſt convertie en minutes & ſecondes de dégrés, on aura leur différence Aſcenſionnelle, ce qui n'a pas beſoin d'exemple.

Mais ſi l'on cherche la même choſe entre quelqu'Aſtre & la Lune ou le Soleil, comme Mercure paſſant ſous le diſque du Soleil, il faut premierement placer le Micrométre de telle ſorte que le bord du Soleil parcoure un des fils paralléles, enſuite obſerver le tems que les bords du Soleil & le

centre de Mercure toucheront le fil transversal, & par ce tems on connoîtra la différence de déclinaison entre Mercure & le bord du Soleil par le moyen du fil paralléle mobile, le Micrométre demeurant immobile.

Si au tems de l'observation du premier bord du Soleil on ajoûte la moitié du tems écoulé entre les passages de l'un & de l'autre bord, on aura le tems du passage du centre du Soleil par le même fil transversal: & par ce moyen on aura la différence du tems entre le passage du centre du Soleil & de Mercure par le fil transversal, c'est-à-dire, par le cercle Méridien. Cette différence de tems étant convertie en dégrés & minutes donnera la différence de leur Ascension droite.

De plus, comme le centre du Soleil est dans l'Ecliptique, si dans le même tems que ce centre passera par le fil transversal, vous cherchez dans la Table faite exprès l'angle de l'Ecliptique avec le cercle Méridien (nous supposons que vous connoissez le vrai lieu du Soleil) vous aurez aussi l'angle que fait l'Ecliptique avec le paralléle du Soleil, ainsi que l'angle O C R de l'Ecliptique O C B, & du paralléle de l'Equateur R C, alors P C sera le Méridien, Mercure sera en M, & le centre du Soleil en C. Soit M R paralléle à P C, & C R la différence d'Ascension droite entre le centre du Soleil C & Mercure M. Mais les minutes de différence d'Ascension droite C R dans le paralléle, étant réduites en minutes de grand cercle, faites une régle de proportion, en disant: Comme le Rayon ou Sinus total est au Sinus de complément de la déclinaison du Soleil ou Mercure, ainsi le nombre des secondes de la différence d'Ascension droite est au nombre des secondes C R comme portion de grand cercle. Pour lors au Triangle C R T, rectangle en R, vous avez le côté C R que vous venez de trouver avec l'angle R C T qui sont la différence entre l'angle droit & l'angle de l'Ecliptique avec le Méridien; c'est pourquoi vous trouverez l'Hypotenuse C T, & le côté R T. Mais si vous ôtez R T de M R, qui est la différence de déclinaison de Mercure en M & du centre du Soleil C, il ne restera que T M. Vous direz ensuite par la régle de proportion: Comme C T est à T R, ainsi T M est à T O. Et comme C T est à C R, ainsi T M est à M O. Alors M O sera la latitude de Mercure au tems de l'observation. Mais ajoûtant T O au côté C T, vous aurez C O pour différence de longitude entre Mercure & le centre du Soleil. C'est pourquoi connoissant la longitude du Soleil, vous trouverez celle de Mercure.

Fig. 3.

Si deux ou trois heures après la premiére observation de Mercure en M, vous observez encore une fois la différence de déclinaison & d'Ascension droite de Mercure avancé en N, vous trouverez comme ci-devant la latitude de Mercure N Q, & C Q différence de longitude du centre du Soleil C, & par ce moyen vous trouverez le lieu du nœud apparent de Mercure. Mais il faut remarquer que le point de rencontre A dans la droite M N, avec l'Ecliptique C B, n'est point le lieu dudit nœud, eu égard au point C, parce qu'entre les observations faites aux points M & N, le Soleil par son mouvement propre s'est avancé de quelques minutes, selon l'ordre des signes, à quoi cependant on n'a pas d'égard dans les observations. C'est pourquoi vous direz par la régle de proportion: Comme la différence des latitudes M O, N Q est à O Q (moins le mouvement propre du Soleil, entre les observations faites en M & N) ainsi M O est à la distance O A, d'où vous trouverez la vraie distance C A du centre du Soleil C au nœud de Mercure

Mercure A. Il faut ôter de O Q le mouvement propre du Soleil entre les observations, parce que pendant ce tems-là Mercure est rétrograde. Mais si son mouvement étoit direct, il faudroit ajouter le mouvement du Soleil à la droite O Q.

Dans les observations de Mercure en son passage entre les bords du Soleil, nous n'avons eu aucun égard au mouvement propre du Soleil, comme étant de petite conséquence ; mais si vous voulez y avoir égard, il faudra diminuer C O & C Q de la quantité du mouvement propre du Soleil à raison du tems écoulé entre le passage du centre du Soleil & de Mercure par le cercle Méridien.

Par la même méthode on observera les distances des Planetes entre elles, ou avec les Etoiles fixes aux environs de l'Ecliptique, excepté néanmoins quelques minutes, non seulement à cause du mouvement propre des Planetes, soit vers les memes parties, soit vers les parties opposées, comme nous avons dit du Soleil & de Mercure ; mais aussi à cause de leur éloignement de l'Ecliptique ou de leur trop grande latitude.

Il est à remarquer que cette seconde méthode, pour trouver la différence de déclinaison & d'Ascension droite, n'est pas plus exacte que la premiére, quoiqu'elle se fasse avec moins de calcul. Car il est assez difficile de disposer les fils du Micrométre selon le paralléle du mouvement diurne, ne le pouvant faire que par plusieurs épreuves incertaines.

Mr de la Hire a inventé encore un autre Micrométre, dont la construction est facile ; car ce n'est qu'un double Compas, comme il est ici représenté, dont les jambes inférieures sont dix fois plus grandes que les supérieures. Il doit être fait de maniére que les plus courtes jambes se puissent introduire par une fente dans le tuyau de la Lunette & se placer à l'endroit du foyer de la lentille objective, en sorte que les pointes très-fines des courtes jambes se puissent appliquer à tous les objets dépeints au foyer. Car de la même ouverture de Compas les pointes des plus longues jambes s'appliqueront sur une Echelle divisée en parties, qui marqueront les minutes & les secondes, telles qu'elles conviennent au foyer de la lentille objective ; la division de cette Echelle se pourra faire par la même méthode, dont nous nous sommes servi à connoître les distances des fils paralléles de l'autre Micrométre, en disant par la régle de trois : Comme le nombre des lignes contenues en la longueur du foyer de la lentille objective de la Lunette est à une ligne, ainsi le Rayon ou Sinus total est à la Tangente de l'angle mesuré au foyer sous une ligne. C'est pourquoi si les plus longues jambes contiennent dix fois les autres, dix lignes de l'Echelle mesureront le même angle : ce qui étant connu, il sera facile de diviser l'Echelle en minutes & secondes.

On pourra se servir de ce Micrométre, pour observer les diamétres des Planétes, comme aussi les moindres distances des Astres & des lieux de la Terre. Sa construction est la même que celle que nous avons donnée pour les Compas de réduction.

Description & usage d'un autre Micrométre ou Réticule universel pour observer toutes les Eclipses de Soleil & de Lune.

NOus sommes redevables à Mr l'Abbé le Camus de la construction d'un Micrométre ou Réticule, pour avoir immédiatement & sans aucune réduction les droits & les demi-droits d'une Eclipse. Cette construction est des plus ingénieuses.

XXIV. Planche. Fig. 1. Cet Instrument est un Parallélogramme de cuivre A B C D, mobile sur ses quatre angles A, B, C, D, & sur deux pivots E F, placés au milieu des côtés opposés A B C D, & en ligne droite avec les centres A B & D C, les deux régles opposées A D, B C, doivent étre échancrées en sorte que leurs côtés intérieurs M N, P Q, soient en ligne droite, avec les centres A D & B C, & être en biseau ou talus vers l'extérieur du Parallélogramme.

Le Parallélogramme étant ainsi construit, il faut prendre sur le milieu de chacune des deux régles A D, B C, un intervalle qui puisse comprendre le plus grand diamétre de la Lune, & diviser cet intervalle en 24 parties égales par de petites lignes les plus fines & les plus profondes qu'il sera possible. Cet intervalle doit être environ de quinze lignes & demie pour une Lunette d'environ 10 pieds.

Il faut ensuite placer des filets sur les divisions, & les attacher sur les bords extérieurs qui sont en pente. Comme ces divisions sont fines & profondes, & que les régles sont faites en pente, elles retiennent facilement les filets avec de la cire & les empêchent de s'écarter à droit ou à gauche, quelque mouvement qu'on donne au Parallélogramme.

Enfin il faut attacher sur le côté D C, un Demi-cercle denté mobile avec le Parallélogramme sur le pivot F, & le faire engrener dans un pignon pour pouvoir rendre le Parallélogramme plus ou moins oblique, en faisant tourner avec une petite clef le pignon.

On voit par la construction de cet Instrument, que les filets M P, N Q, &c. conserveront leur méme longueur, & feront toujours paralléles dans toutes les situations du Parallélogramme, parce qu'étant arrêtés sur les bords M N & P Q des biseaux, ils seront toujours égaux à la distance A B ou D C. On voit aussi que les filets pourront se rapprocher ou s'écarter également en rendant le Parallélogramme plus ou moins oblique, & pourront par conséquent comprendre exactement toutes sortes de diamétres du Soleil ou de la Lune, & les diviser en droits & en demi-droits.

Le Parallélogramme a trois pouces entre les centres A D, & deux pouces six lignes entre les centres A B : il est enfermé dans une boëte de cinq pouces de longueur sur trois pouces de largeur & cinq lignes de hauteur. Il y a une ouverture ronde de deux pouces six lignes de diamétre aux deux côtés de la boëte, laquelle ouverture a pour centre le milieu du Parallélogramme; cette ouverture est à peu près de la grandeur du foyer des verres de la Lunette. Il y a aussi un petit trou rond vis-à-vis de l'arbre du pignon qui est quarré, afin de pouvoir faire mouvoir le Parallélogramme avec une petite clef sans démonter la boëte, qui est attachée par quatre vis aux quatre coins. On place ce Micrométre au foyer de l'objectif & de l'oculaire de la Lunette comme les autres.

Il faut remarquer qu'on garnit de filets 24 divisions, si l'on veut avoir les

demi-droits, ou 8 divisions, si l'on ne veut avoir que les droits. Il est facile de voir par la figure comment il faut disposer ces filets : ladite figure se trouvera ci-après à la Planche XXIVe.

CHAPITRE IV.

Maniére d'observer les Astres.

LEs observations des Astres, qui se font de jour par les Lunettes de longue vûë, sont faciles, parce que les fils de soie se voient distinctement ; mais pendant la nuit il faut éclairer les fils avec un flambeau ou une bougie, en sorte qu'on puisse les voir avec les Astres par la Lunette, ce qui se fait en deux maniéres.

Premiérement, on éclaire la lentille ou verre objectif de la Lunette en approchant de ladite lentille une chandelle, mais obliquement, afin que son corps ou sa fumée n'empêche point les rayons de l'Astre. Mais si la lentille objective est un peu enfoncée dans le tuyau, elle ne pourra point être éclairée à moins que la chandelle ne soit fort proche, ce qui empêche de voir l'Astre ; & si la Lunette a plus de six pieds, il sera difficile d'éclairer suffisamment le verre objectif, en sorte que les fils paroissent bien distinctement.

Secondement, on fait une ouverture assez ample au bout du tuyau proche du cadre, où sont attachés les fils ; & en approchant la bougie, les fils & les Astres paroîtront.

Mais cette méthode est sujette à plusieurs inconvéniens, car la lumiére est si proche des yeux des Observateurs, que souvent ils en sont incommodés. De plus, comme les fils sont découverts & exposés à l'air, ils perdent leur situation, ou ils se détendent, & même se peuvent rompre.

Cette méthode outre cela est sujette à erreur, en ce que selon la position de la lumiére qui éclaire les fils, ils paroîtront en différentes situations, car si le filet horisontal, par exemple, est éclairé par-dessus, on prendra pour le filet une ligne lumineuse que l'on verra à la superficie supérieure du même filet. Mais si le même filet est éclairé par-dessous, la ligne lumineuse paroîtra à la superficie inférieure de ce filet, sans qu'il change de place, & l'erreur sera du diamétre du filet, qui vaut souvent plus de six secondes. Cet inconvénient suffit pour faire rejetter une pareille méthode.

Mr de la Hire a trouvé un expédient pour y remédier. Comme il avoit souvent expérimenté dans les observations, qu'au clair de la Lune, dans un tems un peu broüillé, les fils paroissoient distinctement, mais qu'à peine pouvoit-on les voir lorsque le Ciel étoit serein, il lui vint en pensée de couvrir le bout du tuyau de la Lunette, du côté du verre objectif, d'un morceau de gaze ou crêpe blanc très-fin, c'est-à-dire, fait de fils de soie très-déliés, comme les toiles de soie dont on se sert pour faire des tamis. Cette invention lui a réussi, car la bougie placée loin de la Lunette, éclairoit assez le crêpe pour faire voir distinctement les fils, sans empêcher de voir les Astres.

Les observations du Soleil ne se peuvent faire à moins que l'on ne mette entre la Lunette & l'œil un verre bruni ou enfumé, ce qui se prépare ainsi. Prenez deux morceaux de verre égaux & bien polis. Sur la surface d'un de ces verres & autour de ses bords collez une bande de carton ; mettez sur la fumée d'un flambeau l'autre morceau de verre, en le remuant souvent & le retirant de tems à autre, de crainte que la trop grande chaleur ne le fasse casser, jusqu'à ce que la fumée y soit si épaisse, qu'à peine on puisse voir le flambeau ; mais il ne faut pas que le noir de fumée y soit par tout d'égale épaisseur, afin que l'on puisse choisir celle qui convient à la splendeur du Soleil. Et afin que ce noir ne s'efface pas, il le faut appliquer sur l'autre morceau de verre, dont la surface ne touchera point ladite fumée, au moyen des bandes de carton qui sont entre les deux verres, dont enfin on joindra les bords avec une bande de papier collée.

Il faut se souvenir qu'en observant la hauteur du Soleil avec une Lunette à deux verres, le bord supérieur paroît inférieur.

Il y a deux maniéres principales d'observer les Astres, l'une dans le Méridien, & l'autre dans les cercles verticaux.

Première manière. Si l'on connoit la position du cercle méridien en plaçant le plan du Quart de cercle dans le plan du Méridien par le moyen du plomb attaché au centre, on pourra trouver la hauteur méridienne de l'Astre, qui est une des principales opérations, & qui sert de fondement à presque toute l'Astronomie.

On peut aussi avoir des observations méridiennes par le moyen d'une horloge à pendule, si l'on sçait le tems précis du passage de l'Astre par le Méridien.

Il faut remarquer que les Astres sont à même hauteur pendant une minute, devant ou après leur passage par le Méridien, pourvû néanmoins que l'Astre ne passe point par le Zénit ou aux environs ; mais s'il y passe, on observera les hauteurs d'un Astre à chaque minute, plus ou moins, autour du Méridien, que l'on suppose déja connu ; & sa plus grande ou moindre hauteur, sera sa hauteur méridienne que l'on cherche.

Seconde maniére. Pour ce qui est des observations qui se font hors du Méridien dans les cercles verticaux, il faudra connoître la position du vertical, ou la chercher par la méthode suivante.

Le Quart de cercle demeurant, ainsi que sa Lunette, dans la même situation verticale où il étoit, quand on a observé la hauteur de l'Astre avec l'heure de son passage par le point où se croisent les fils de l'oculaire, on remarquera le tems que le Soleil ou quelqu'Etoile fixe (dont la longitude & latitude sont connues) arrivera au fil vertical de la Lunette, c'est-à-dire, au cercle vertical qui paroît par l'Astre & par la ligne de foi au tems de l'observation ; d'où l'on connoîtra la position dudit cercle vertical, & l'on trouvera le vrai lieu de l'Astre observé.

Mais si le Soleil ou un autre Astre ne passe point par l'ouverture du tuyau, & que d'ailleurs on ait une ligne méridienne bien tracée sur un terrein bien de niveau dans le lieu de l'observation, il faut abaisser un plomb de pignon ou de quelqu'autre corps ferme & immobile, éloigné du Quart de cercle de trois ou quatre toises, sous lequel plomb il y ait une pointe de fer en l'alignement du fil, laquelle puisse marquer la rencontre du fil perpendiculaire. Pour lors il faut mettre tout près de la len-

tille objective une platine de cuivre ou de carte, au milieu de laquelle il y ait une petite fente, laquelle étant posée verticalement, passe par le centre de la figure circulaire de la lentille, qui tient lieu de vrai centre. Cela fait voir distinctement le fil du perpendicule, lequel ne pouvoit se voir auparavant par la Lunette, à cause de sa trop grande proximité. C'est pourquoi on remuera le perpendicule jusqu'à ce que son fil convienne avec le fil vertical de la Lunette; & par ce moyen on marquera sur le plancher le point où tombera ladite pointe de fer qui est sous le plomb, & ce sera un point du plan vertical que l'on cherche. Ensuite on suspendra un perpendicule devant le centre de la lentille objective, ou vis-à-vis le point où les fils se croisent, & l'on marquera, comme ci-devant, un point sur le plancher, lequel sera aussi dans le même vertical. C'est pourquoi si par ces deux points verticaux on tire une ligne droite qui rencontre la ligne méridienne, on aura la position du cercle vertical de l'Astre observé, par rapport à la ligne méridienne, dont l'angle se mesurera en prenant des grandeurs connues sur chacune de ces deux lignes du point où elles se rencontrent, & par leurs extrémités tirant une base on aura un triangle, dont les trois côtés étant connus, on trouvera l'angle du sommet, qui sera la distance dudit vertical au Méridien.

Maniére d'observer la hauteur méridienne des Astres.

IL y a trop de difficulté à bien placer le Quart de cercle dans le plan du Méridien pour pouvoir exactement trouver la hauteur méridienne d'un Astre. Car à moins de trouver un lieu & un mur commode, où l'on puisse attacher fermement le Quart de cercle Astronomique dans le plan du Méridien, ce qui est très-difficile à faire, on n'aura point la véritable position du cercle méridien propre à observer tous les Astres, comme nous avons dit ci-devant. C'est pourquoi il sera beaucoup plus facile, principalement dans les voyages, de se servir d'un Quart de cercle portatif, par le moyen duquel on observera la hauteur de l'Astre un peu avant son passage par le Méridien, à chaque minute de tems, si l'on peut, jusqu'à ce qu'on trouve sa plus grande ou sa moindre hauteur sur l'Horison. Ainsi quoique l'on n'ait pas la véritable position du Méridien, on ne laissera pas d'avoir la hauteur méridienne apparente de l'Astre.

Quoique cette méthode soit fort bonne & exempte d'erreur sensible, néanmoins si l'Astre passe par le Méridien proche du Zénit, on ne pourra avoir sa véritable hauteur méridienne que par hazard, par les observations répétées de minute en minute, puisqu'à chaque minute la hauteur augmente d'environ 15 minutes de dégré; or en ces sortes d'observations, la situation incommode de l'Observateur, la variation de l'Azimuth de l'Astre de plusieurs dégrés en peu de tems, le changement qu'il faut faire à l'Instrument & la difficulté de le bien replacer verticalement, empêchent de faire les observations plus fréquentes que de 4 en 4 minutes, pendant lequel tems la différence de hauteur est un dégré. C'est pourquoi en ce cas il sera plus sûr de chercher à connoître d'ailleurs la position du cercle méridien, ou le tems précis que l'Astre passe au Méridien, afin de placer l'Instrument dans le plan dudit Méridien, ou de le mouvoir en

Autre Méthode pour observer les Réfractions.

ON peut encore reconnoître la quantité de la Réfraction par l'observation d'une même Etoile, dont la hauteur méridienne soit de 90 dégrés ou un peu moins. Car connoissant d'ailleurs la hauteur du Pôle ou de l'Equateur dans le lieu de l'Observation, par la hauteur méridienne de l'Etoile, on connoîtra sa vraie déclinaison, puisque les Réfractions sont insensibles proche du Zénit.

Mais si à chaque dégré de hauteur de l'Etoile on observe le tems marqué par une Pendule exacte, comme aussi le tems de son passage par le Méridien, que l'on connoîtra par les hauteurs égales de ladite Etoile vers l'Orient & vers l'Occident, on aura dans un triangle sphérique trois choses connues; sçavoir, l'arc de la distance entre le Pôle & le Zénit, le complément de la déclinaison de l'Etoile, & l'angle compris par ces arcs, qui sont la différence convertie en dégrés & minutes du tems moyen entre le passage de l'Etoile par le Méridien & son lieu, pour lequel se fait le calcul, à quoi il faut ajoûter la partie proportionnelle convenable du moyen mouvement du Soleil, à raison de 59 minutes 8 secondes par jour.

C'est pourquoi l'on trouvera l'arc du vertical entre le Zénit & le vrai lieu de l'Etoile. Car par l'observation ayant l'arc apparent de la hauteur de ladite Etoile, la différence de ces arcs sera la quantité de la Réfraction à la hauteur de l'Etoile. Par un semblable calcul on aura la Réfraction de chaque dégré de hauteur.

On peut faire la même opération par le moyen du Soleil ou de quelqu'Etoile que ce soit, pourvû que l'on connoisse sa déclinaison, afin qu'au tems de l'observation on puisse trouver la vraie distance du Soleil ou de l'Etoile au Zénit.

Ayant connu la Réfraction des Astres, il sera facile de trouver la hauteur du Pôle. Car après avoir observé le même jour la hauteur méridienne de l'Etoile Polaire, tant au-dessus qu'au-dessous du Pôle à peu de distance d'une observation à l'autre, on diminue de chaque hauteur la Réfraction convenable; alors la moitié de la différence des hauteurs corrigées étant ajoûtée à la moindre hauteur corrigée ou soustraite de la plus grande aussi corrigée, on aura la vraie hauteur du Pôle.

M. de la Hire a observé avec grand soin pendant plusieurs années la hauteur méridienne des Etoiles fixes, & principalement de *Sirius* & de la Claire de la lyre avec des Quarts de cercle Astronomiques très-bien divisés & des Lunettes très-excellentes, & ce à différentes heures du jour & de la nuit, & même pendant le milieu du jour & en différentes saisons de l'année. Il a assûré n'avoir remarqué aucune différence dans les hauteurs de ces Etoiles, que celle qui provient de leur mouvement propre.

Or comme l'Etoile *Sirius* monte environ jusqu'au 26me dégré du Méridien, on pourroit douter si dans les moindres hauteurs les Réfractions d'Hiver seroient plus grandes que celles d'Eté. C'est pourquoi il a aussi observé avec feu M. Picard les hauteurs méridiennes de l'Etoile nommée *Capella*, dans sa moindre hauteur méridienne, qui est environ de 4 dégrés & demi en différentes saisons de l'année. Il a comparé ensemble ces diverses observations & fait les réductions nécessaires, à cause du

mouvement propre de cette Etoile, mais à peine a-t-il trouvé une minute de différence laquelle pouvoit provenir d'une autre cause que des Réfractions. C'est pourquoi il n'a construit qu'une seule Table de Réfractions du Soleil, de la Lune & des autres Astres pour toutes les saisons de l'année, conformément aux observations qu'il en a faites.

Cependant on peut croire que les Réfractions sont sujettes à diverses inconstances autour de l'Horison; selon la différente constitution de l'air & la nature du terrein haut ou bas, comme M. de la Hire l'a souvent expérimenté; car observant au pied des montagnes la hauteur des Astres qui sembloient en raser le sommet, elles lui ont paru un peu plus hautes que s'il les avoit observées du sommet même; mais si l'on veut ajoûter foi aux observations des autres, les Réfractions sont plus grandes, meme en Eté dans les pays Septentrionaux que dans les Zônes tempérées.

Maniére de trouver par observation le tems de l'Equinoxe & du Solstice.

AYant connu la hauteur de l'Equateur, la Réfraction & la Parallaxe du Soleil à une même hauteur, il ne sera pas difficile de trouver le tems que le centre du Soleil sera dans l'Equateur. Car si de la hauteur méridienne apparente du centre du Soleil, le jour même qu'arrive l'Equinoxe, on ôte la Réfraction convenable & qu'on y ajoute la Parallaxe, il restera la vraie hauteur méridienne du centre du Soleil. Or la différence de cette hauteur & de celle de l'Equateur marquera le tems du vrai Equinoxe devant ou après midi. Si l'on divise par 59 la somme des secondes de cette différence trouvée, le quotient marquera les heures & les fractions d'heure qu'il faut ajoûter ou soustraire du vrai Midi pour avoir le tems du vrai Equinoxe.

Les heures du quotient s'ajoûtent au tems du Midi, si la hauteur méridienne du Soleil s'est trouvée moindre que celle de l'Equateur vers l'Equinoxe du Printems; mais on les en soustrait, si elle s'est trouvée plus grande. Il faut faire le contraire vers l'Equinoxe d'Automne. Exemple. Etant donnée la vraie hauteur de l'Equateur (41 dégrés 10 minutes) & ayant observé la vraie hauteur méridienne du centre du Soleil (41 dégrés 5 minutes 15 secondes) laquelle se connoit par la hauteur apparente du bord supérieur ou inférieur du Soleil corrigée par son Demi-diamétre, Réfraction & Parallaxe, la différence sera de 4 minutes 45 secondes ou 285 secondes, lequel nombre étant divisé par 59, le quotient sera $4\frac{49}{59}$, c'est-à-dire, 4 heures 48 minutes qu'il faut ajoûter à Midi, si le Soleil est en l'Equinoxe du Printems, & par conséquent l'Equinoxe arrivera à 4 heures 48 minutes après Midi. Mais si le Soleil étoit en l'Equinoxe d'Automne, ledit Equinoxe seroit arrivé 4 heures 48 minutes avant Midi, c'est-à-dire, à 7 heures 12 minutes du matin.

A l'égard des Solstices, il y a bien plus de difficulté à les déterminer que les Equinoxes; car il ne suffit pas d'une seule observation, parce qu'en ces tems la différence entre les hauteurs méridiennes d'un jour à l'autre est presqu'imperceptible. Il faudra donc prendre exactement la hauteur méridienne du Soleil, 12 ou 15 jours avant le Solstice, & autant de tems après, tâcher de retrouver à peu près la même hauteur méridienne du Soleil,

leil, afin que par les parties proportionnelles du changement de hauteur méridienne de cet Astre, on puisse exactement déterminer le tems que le Soleil s'est trouvé à même hauteur devant & après le Solstice, étant dans le même cercle paralléle à l'Equateur.

Ayant donc connu le tems écoulé entre l'une & l'autre situation du Soleil, il en faut prendre le milieu, & chercher dans les Tables le vrai lieu du Soleil qui convient à ces trois tems. Le milieu de la différence des lieux extrêmes du Soleil s'ajoûtera au moindre, afin d'en faire un lieu moyen par la comparaison des extrêmes; mais si le lieu moyen trouvé par le calcul ne convient pas au lieu moyen trouvé par ladite comparaison, il faut en prendre la différence & ajoûter au tems moyen le tems qui répond à cette différence, si le tems moyen par le calcul est le plus petit, & au contraire le soustraire s'il est plus grand, afin d'avoir le tems du Solstice.

Par exemple, le dixiéme jour du mois de Juin la hauteur méridienne apparente du Soleil a été trouvée à l'Observatoire de 64 dégrés 27 minutes 25 secondes, & le 3me jour de Juillet ensuite, la même hauteur méridienne apparente s'est trouvée de 64 dégrés 28 minutes 15 secondes; d'où l'on connoît par la différence de déclinaison en ce tems, que le Soleil est arrivé au paralléle de la premiére observation le 3me jour de Juillet à 4 heures 12 minutes; & par conséquent le tems moyen entre les observations sera le 22me Juin à 2 heures 6 minutes du matin.

Or par les Tables, le vrai lieu du Soleil au tems de la premiére observation est de 2 signes & 18 dégrés 58 minutes 23 secondes, au tems de la derniére il est de 3 signes 11 dégrés 4 minutes 52 secondes, & au milieu il est de 3 signes 0 dégré 1 minute 56 secondes.

Mais la différence des lieux extrêmes est 22 dégrés 6 minutes 29 secondes, dont la moitié est 11 dégrés 3 minutes 15 secondes, lesquels ajoûtés au moindre lieu font 3 signes 0 dégré 1 minute 38 secondes, lequel lieu est le moyen par la comparaison des extrêmes.

Entre le lieu moyen par le calcul 3 signes 0 dégré 1 minute 56 secondes, & le lieu moyen par comparaison, la différence est 18 secondes, qui correspondent à 7 minutes 18 secondes de tems, qu'il faut ôter du tems moyen, parce que le lieu moyen par le calcul est plus grand que le lieu moyen par comparaison. C'est pourquoi le tems du Solstice sera le 22me Juin à 1 heure 58 minutes 18 secondes du matin. Ce qui peut se confirmer par plusieurs autres observations.

Il est à remarquer que l'erreur de peu de secondes, plus ou moins dans la hauteur du Soleil observée, peut éloigner d'une heure le Solstice de son vrai tems: comme en l'exemple proposé, 10 secondes de hauteur ou environ répondent à une heure de tems; c'est pourquoi cela ne se peut faire qu'avec des Instrumens bien divisés & par plusieurs observations très-exactes.



Observations faites à l'Observatoire aux environs des Solstices, pour avoir la hauteur du Pôle de Paris à l'Observatoire, & la plus grande déclinaison du Soleil ou obliquité de l'Ecliptique.

AU Solstice d'Eté la hauteur méridienne apparente du bord supérieur du Soleil, recueillie de plusieurs observations, s'est trouvée

de	64 dég.	55 min.	24 sec.
Réfraction à soustraire			33
Parallaxe à ajoûter			1
Vraie hauteur du bord supérieur	64	54	52
Demi-diamétre du Soleil		15	49
Vraie hauteur méridienne du centre	64	39	3

Au Solstice d'Hiver, la hauteur méridienne apparente du bord supérieur du Soleil

rieur du Soleil	18 dég.	0 min.	24 sec.
Réfraction à soustraire		3	12
Parallaxe à ajoûter			5
Vraie hauteur du bord supérieur	17	57	17
Demi-diamétre du Soleil		16	21
Vraie hauteur méridienne du centre	17	40	56

Donc la vraie distance des Tropiques est	46 d.	58 m.	7 secondes.
La moitié qui est la plus grande declin. du Soleil	23	29	3 & demi.
La hauteur de l'Equateur à l'Observatoire	41	9	59 & demi.
Son complément qui est la hauteur du Pôle	48	50	0 & demi.

Observations de l'Etoile Polaire.

PAr diverses observations de la plus grande & de la moindre hauteur méridienne apparente de l'Etoile Polaire, qui est à l'extrémité de la queue de la petite Ourse, on conclut la hauteur apparente du Pôle, comme l'a remarqué M. Picard dans son Livre de la mesure de la terre, entre les portes de saint Jacques & de saint Martin, aux environs de saint Jacques de la Boucherie, 48 dégrés 52 minutes 20 secondes.

La réduction étant faite selon la distance des lieux, la hauteur méridienne apparente du Pôle à l'Observatoire, sera de

dienne apparente du Pôle à l'Observatoire, sera de	48	51	2
La Réfraction qui convient à cette hauteur.		1	4
Donc la vraie hauteur du Pôle à l'Observatoire	48	49	58
Pour laquelle nous prenons	48	50	0
Et par conséquent la hauteur de l'Equateur.	41	10	0

Connoissant l'heure ou le tems vrai ou apparent qu'une Etoile fixe ou une Planéte passe par le cercle Méridien, trouver la différence d'Ascension droite entre l'Etoile fixe ou la Planéte & le Soleil.

IL faut convertir en dégrés de l'Equateur le tems donné depuis Midi jusqu'au passage de l'Etoile fixe ou de la Planéte, ou bien le tems depuis leur passage jusqu'à Midi, & l'on aura ce que l'on cherche. Exemple.

La Planéte Jupiter a passé par le Méridien à 10 heures du matin, 23 minutes & 15 secondes : sa distance jusqu'à Midi, (qui est 1 heure 36 minutes 45 secondes) étant convertie en dégrés de l'Equateur, on aura 24 dégrés 11 minutes 15 secondes pour la différence d'Ascension droite entre le Soleil & Jupiter, au moment que le centre de Jupiter a passé par le Méridien.

Dans ce Problême & le suivant nous proposons le tems vrai ou apparent, & non pas le tems moyen ; parce que le tems vrai est plus aisé à connoître par les observations du Soleil, que le tems moyen. Nous expliquerons ce que c'est que le tems moyen aussi-bien que le tems vrai ou apparent, dans le *quatrieme Chapitre de ce Livre*, en parlant de la Machine pour les Eclipses.

Connoissant le tems vrai entre le passage de deux Etoiles fixes par le Méridien, ou bien d'une Etoile fixe & d'une Planéte, trouver leur différence d'Ascension droite.

IL faut convertir en dégrés de l'Equateur le tems donné entre leurs passages, & y ajoûter l'Ascension droite du vrai mouvement du Soleil, qui convient à ce tems ; & la somme sera la différence que l'on cherche.

Par exemple, supposons qu'entre les passages par le Méridien de l'Etoile du Grand-Chien nommé *Sirius*, & du Cœur du Lion nommé *Regulus*, il se soit écoulé 3 heures 20 minutes o seconde de tems, l'Ascension droite du vrai mouvement du Soleil qui convient à ce tems, sera de 7 minutes 35 secondes.

C'est pourquoi convertissant en dégrés de l'Equateur ces 3 heures 20 minutes on aura 50 dégrés, ausquels ajoûtant 7 minutes 35 secondes, la somme 50 dégrés 7 minutes 35 secondes sera la différence d'Ascension droite entre *Sirius* & *Regulus*.

Il en est de même d'une Etoile fixe & d'une Planéte, ou de deux Planétes ; cependant il faut remarquer que si le mouvement propre de la Planéte ou des Planétes est considérable entre le passage de l'une & de l'autre par le Méridien, il faut y avoir égard.

Maniére d'observer les Eclipses.

ENtre les observations des Eclipses nous avons le commencement & la fin, l'immersion totale & l'emersion qui se peuvent estimer assez exactement par les yeux seuls, sans Lunettes de longue-vûe, excepté néanmoins le commencement & la fin des Eclipses de Lune où l'on peut faire erreur d'une minute ou deux, à cause qu'il est difficile de déterminer certainement l'extrémité de l'ombre. Mais la quantité de l'Eclipse) c'est-à-dire, la portion éclipsée du disque du Soleil & de la Lune, laquelle se mesure par doits ou 12mes parties de tout le diamétre du Soleil & de la Lune, & par minutes ou 60mes parties desdits doits) ne se peut bien connoître sans une Lunette de longue-vûe jointe à quelqu'Instrument. Car l'estimation que l'on en peut faire avec les yeux est fort sujette à erreur, comme il est aisé de le reconnoître dans l'histoire des anciennes Eclipses, quoique les observations en ayent été faites par de très-habiles Astronômes.

Les premiers Astronômes qui se sont servi de Lunettes de longue vûe ; garnies de deux verres, sçavoir de l'objectif convéxe & de l'oculaire concave dans les Eclipses, observoient celles de Soleil par la méthode suivante. On faisoit un trou aux volets d'une chambre bien fermée, on y mettoit le tuyau d'une lunette, comme celle que nous venons de décrire ; de sorte que les rayons du Soleil passant par cette lunette, étoient reçus sur un carton ou Table blanche, sur laquelle on avoit premiérement décrit un cercle d'une grandeur convenable, avec cinq autres concentriques & également éloignés l'un de l'autre. Ces cercles avec le centre partageoient en douze parties égales tout le Diamétre du cercle extérieur. Ayant donc ajusté la Tablette perpendiculaire à la situation du tuyau de la Lunette, on y voyoit l'image lumineuse du Soleil d'autant plus grande que cette Tablette étoit éloignée de la lentille oculaire vers la partie intérieure de la chambre. C'est pourquoi en l'approchant ou reculant dudit tuyau, on cherchoit le lieu où l'image du Soleil paroissoit exactement égale à la circonférence du cercle extérieur, & en cette distance on arretoit la Tablette avec le tuyau de la Lunette, qui composoit la machine pour ladite observation. Ensuite on faisoit mouvoir le tuyau selon le mouvement du Soleil, afin que le bord lumineux de son disque touchât par tout la circonférence du cercle extérieur décrit sur la tablette, & par ce moyen on voyoit la quantité de la portion éclipsée, & de sa plus grande obscurité, qui se mesuroit par le moyen des cercles concentriques ; on marquoit l'heure de chaque phase par une horloge à secondes rectifiée & préparée pour cette observation. La méme méthode s'observe encore par plusieurs Astronômes, qui se servent aussi d'un Réticule circulaire fait par six cercles concentriques sur du papier très-fin que l'on peut huiler pour rendre l'image du Soleil plus sensible. Le plus grand de ces cercles doit contenir exactement l'image du Soleil au foyer du verre objectif d'une Lunette de 40 à 60 pieds : ces 6 cercles sont à distance égale & divisent avec le cercle le diamétre du Soleil en 12 doits égaux. Lorsque ce papier est placé au foyer d'une grande lunette, on distingue nettement la partie du Soleil qui reste éclairée ; on ne se sert point alors de verre oculaire.

Il y en a d'autres qui se servent d'un Télescope garni de deux lentilles convéxes qui fait le méme effet. Mais quoique cet usage du Télescope soit très-propre à observer les Eclipses de Soleil, il est cependant inutile aux Eclipses de Lune, à cause de son peu de lumiére. D'autres enfin se servent d'un Micromérre placé au foyer commun des lentilles convéxes. Outre la quantité des phases des Eclipses de Soleil & de Lune, que l'on connoît facilement par ledit Micromêtre, on peut de plus connoitre les diamétres des luminaires, & la proportion du diamétre de la Terre à celui de la Lune, tant par la portion obscurcie de son disque, que par la portion lumineuse avec la distance entre ses cornes.

Cette méthode d'observer les Eclipses par le moyen du Micrométre sera beaucoup plus utile, si les divisions ausquelles s'appliquent les fils de soie, sont faites de sorte que six intervalles de fils contiennent le diamétre du Soleil ou de la Lune. Car le fil mobile posé au milieu de la distance entre les immobiles, ce qui n'est point difficile à faire, marquera chacun des doits de l'Eclipse.

La même lunette du Micrométre pourra servir à toutes les autres observations & mesures des Eclipses, comme dans les Eclipses de Lune pour observer l'ombre de la terre, laquelle couvre & abandonne les taches.

Il reste pourtant une difficulté assez considérable, c'est de faire pour chaque Eclipse une division nouvelle du Micrométre qui puisse servir d'un raiseau commun à toutes les observations ; car à peine trouve-t-on deux Eclipses en tout un siécle, ausquelles le diamétre apparent du Soleil ou de la Lune soit le même.

C'est pourquoi M[r] de la Hire a inventé un nouveau Réticule ou Raiseau, lequel ayant tous les usages du Micrométre ordinaire, peut servir à observer toutes sortes d'Eclipses, s'accommodant à tous les diamétres apparens du Soleil & de la Lune, & dont les divisions ou fils sont assez fermes & solides pour résister à tous les changemens & inconstances de l'air, quoiqu'ils soient aussi déliés que les fils de soie.

Pour la construction & l'usage de ce Réticule, il faut premiérement choisir deux lentilles objectives de Lunette de même foyer, ou à peu près, lesquelles on joint ensemble ; comme le foyer de deux lentilles ensemble de 8 pieds, qui est la longueur d'une Lunette, commode pour observer toutes sortes d'Eclipses, excepté néanmoins le commencement & la fin des Eclipses de Soleil, où il faut de plus longues lunettes pour les déterminer exactement.

Secondement, il est marqué dans les Tables que le plus grand diamétre de la Lune à la hauteur de 90 dégrés est de 34 minutes 6 secondes, auquel ajoûtant 10 secondes, on aura 34 minutes 16 secondes. C'est pourquoi il faut dire par la régle de proportion : Comme le Rayon ou Sinus total est à la Tangente de 17 minutes 8 secondes, qui est moitié de 34 minutes 16 secondes, ainsi sont 8 pieds, ou la longueur du foyer des deux lentilles aux parties du pied, lesquelles doublées au foyer de la lunette, contiendront un angle de 34 minutes 16 secondes ; & ce 4[me] nombre doublé sera le diamétre dudit Raiseau circulaire.

Troisiémement, sur un verre bien applani, clair & poli, on décrira légérement avec une pointe de diamant attachée à une des jambes du compas six cercles concentriques & également éloignés l'un de l'autre, dont le plus grand & dernier ait le demi-diamétre égal au 4[me] terme ci-devant trouvé. On tire aussi sur tous ces cercles deux diamétres, se croisans à angles droits. Cette petite platine de verre ainsi préparée étant mise dans le tuyau, dont nous avons ci-devant parlé, & au foyer de la Lunette, sera un Raiseau fort commode pour observer toutes les Eclipses de Soleil & de Lune, & il divisera en 12 doits ou parties égales tous les diamétres apparens du Soleil & de la Lune, de la maniére que nous allons expliquer.

Il est évident par la Dioptrique que tous les rayons qui partent des points d'un objet éloigné après leur réfraction, par deux lentilles convéxes ou jointes ou peu éloignées, dépeindront au foyer commun desdites lentilles leur image, laquelle sera plus grande à proportion que les lentilles seront éloignées l'une de l'autre, ou plus petite à proportion que les lentilles seront jointes ensemble. C'est pourquoi si les lentilles objectives, dont on se sert dans cette construction, sont mises chacune en un tuyau, & que ces deux tuyaux conviennent si bien qu'ils se puissent emboëter l'un dans l'autre ; les lentilles étant conjointes, l'image de l'ob-

du plus grand cercle étant divisé en 12 parties égales, il servira à connoître la quantité de toutes les Eclipses de Soleil & de Lune.

La seconde méthode tirée de l'Optique, n'étant point fondée sur un si grand nombre d'expériences, paroîtra peut-être plus facile à quelques-uns; car connoissant les foyers de chacune des lentilles objectives, on dira: Comme la somme de la longueur des foyers des lentilles (soit de même, ou de différent foyer) moins la distance entre les lentilles, est à la longueur du foyer de la lentille extérieure, moins la distance entre les lentilles; ainsi le même terme est à un quatriéme, lequel étant ôté de la longueur du foyer de la lentille extérieure, restera la distance de la lentille extérieure au foyer commun des lentilles, qui est le lieu du Raiseau.

On connoîtra aussi par la même méthode la position du foyer commun des lentilles, si elles sont jointes, par le moyen des mêmes termes de la régle ci-dessus, & sans avoir aucun égard à la distance entre les lentilles; mais pour faire un calcul plus exact il faut compter le lieu des lentilles au milieu de leur épaisseur.

C'est pourquoi en supposant plusieurs distances différentes entre les lentilles objectives, on trouvera la longueur de leur foyer, c'est-à-dire, le lieu du Raiseau correspondant à chaque distance.

Ensuite on dira: Comme la longueur du foyer connu est au demi-diametre du Raiseau tel qu'il soit; ainsi le Rayon est à la Tangente de l'angle qui convient au demi-diamétre du Raiseau.

Par la même méthode on aura aussi la grandeur du cercle extérieur dudit Raiseau, en disant: Comme le rayon est à la tangente d'un angle de 17 minutes 3 secondes; ainsi la longueur du foyer des lentilles jointes qui a été trouvée ci-devant, est au demi-diamétre du plus grand cercle extérieur.

Ayant donc ainsi connu le nombre des minutes & secondes comprises dans le plus grand cercle du Raiseau, selon les différens intervalles des lentilles, on les écrira sur chaque tuyau des lentilles & du Raiseau, & de plus on divisera en secondes les distances entre les termes trouvés, comme nous avons dit en la premiere méthode. C'est pourquoi on trouvera aussitôt les positions des lentilles & du Raiseau, qui contiendront les diamétres apparens du Soleil & de la Lune tels qu'il seront proposés.

Que si l'on trouve trop de difficulté pour tracer exactement sur le verre les cercles concentriques, on n'aura qu'à tracer sur ce verre avec la pointe du diamant 13 lignes droites, paralléles entre elles & d'égale distance, avec une autre ligne droite qui leur soit perpendiculaire; mais la longueur de cette perpendiculaire entre les paralléles extrêmes doit etre égale au diamétre trouvé du plus grand cercle du Raiseau, comme nous avons dit ci-devant. On pourra se servir de ce Raiseau au lieu de celui qui est composé de fils de soie.

On pourra aussi se servir d'un verre sur lequel on aura tracé des lignes avec une pointe très-fine de diamant, dans le même ordre que seroient les fils de soie, soit pour le Micrométre, soit pour la Lunette de longue vûe du Quart de cercle astronomique ou du Niveau. Car cette petite platine de verre étant ajustée dans son propre cadre, ainsi qu'il a été dit en parlant de la construction du Micrométre, servira aux memes usages que les fils de soie. Je crois qu'on n'a encore rien découvert jusqu'ici de plus utile dans toute l'Astronomie pratique, puisque de pareils Raiseaux ne sont

point sujets aux inconstances de l'air, ni à être rongés par des insectes, ni aux mouvemens de l'Instrument, qui font que très-souvent les fils se rompent ou se dérangent de leur vraie position; ce qui sera très-commode à tous les Observateurs, mais principalement dans les lieux découverts & dans les longs voyages.

XX. Planche. Fig 9. On peut aussi se servir dans l'observation des angles, d'un verre avec une ligne tracée dans le milieu, laquelle soit un peu plus large que celles que l'on trace pour servir de fils de soie. On ajustera un verre ainsi préparé dans la petite fenétre, qui est au bout de l'alidade ou régle mobile du Quart astronomique, en sorte que la ligne tracée sur la surface du verre touche le bord de l'Instrument & qu'elle soit dirigée vers son centre, & l'on s'en servira au lieu de cheveu que l'on met ordinairement en cet endroit, lequel est sujet à trop d'incommodités.

Il y a des gens qui préférent les fils de soie aux lignes tracées sur le verre, dont la surface peut causer quelqu'obscurité aux objets, ou faire quelqu'erreur, si ce verre n'est pas bien applani; mais si ces difficultés, qui ne sont d'aucune conséquence leur sont peine, ils pourront se servir de fils de verre bien droits & bien tendus, au lieu de fils de soie, car on en trouve d'aussi déliés que de la soie, & qui sont assez fermes pour résister aux inconstances de l'air.

Ces filets de verre se font aux Verreries en tirant avec le bout d'une verge de fer un peu de verre fondu de dedans le creuset qui est au fourneau; ensuite on attache promptement ce verre à un grand Devidoir qu'il faut faire tourner aussi-tôt avec une grande vitesse, pour former sur ce Devidoir un filet de verre très délié, qui se plie & se redresse comme un cheveu sans se casser, tels que les filets dont on se sert ordinairement à faire des aigrettes. On attache ces filets de verre aux Lunettes de la même maniére que les fils de soie.

Quoique les Phases ou apparences des Eclipses de Lune, dont les Astronômes se servoient dans les Usages astronomiques & géographiques, se puissent observer bien plus facilement & plus exactement par le moyen de notre Raiseau que par les anciennes méthodes; il faut cependant avouer que l'on observe plus commodément l'immersion & l'émersion des taches de la Lune dans l'ombre de la terre que les Phases, à cause de leur multitude, & qu'il faut moins d'appareil, en se servant d'une Lunette longue seulement de 6 pieds; car pour cela il ne faut que la planche qui représente le Disque de la Lune dans son plein, où sont marqués les noms propres des taches & des principaux lieux qui paroissent sur le Disque de la Lune, comme on les trouve dans l'Astronomie réformée du R. P. Riccioli, & dans le Livre de *la Connoissance des tems.*

On pourra marquer le tems que les principales taches commenceront d'entrer dans l'ombre, & le tems qu'elles y seront toutes plongées, ou bien le tems du commencement & de la fin de leur sortie, d'où l'on connoitra le tems de l'immersion & de l'émersion de leur centre.

Cette figure de la Lune se trouve gravée à l'envers, telle qu'elle paroît avec une lunette garnie de deux verres convéxes; ce qui a été fait, pour que l'on puisse plus facilement rapporter à ladite figure le passage de l'ombre de la terre par les taches de la Lune.

On tire de grands avantages des observations des Eclipses; car si l'on marque

marque exactement le tems du commencement d'une Eclipse de Lune, de son immersion totale dans l'ombre, de son émersion & de sa fin, comme aussi du passage de l'ombre de la terre par les taches dépeintes sur sa figure, on aura la différence des longitudes des lieux où se feront les observations, comme sçavent tous les Astronômes. Mais parce qu'il arrive rarement des Eclipses de Lune que l'on puisse observer en différens pays, pour en conclure la différence de leur longitude, on peut à leur place observer les Eclipses des Satellites de Jupiter, c'est-à-dire, leurs immersions & émersions dans son ombre, mais principalement du premier Satellite dont le mouvement est très-vite autour de Jupiter. On peut donc à cet égard faire commodément plusieurs observations pendant le cours d'une année, & de-là on peut connoître exactement la différence des longitudes des lieux où se font lesdites observations.

Il faut pourtant remarquer que les Eclipses de Lune n'ont pas besoin d'un si grand appareil que les Eclipses des Satellites de Jupiter, lesquelles on ne peut observer facilement & exactement à moins que d'avoir une Lunette de douze pieds de long, au lieu que les Eclipses de Lune se peuvent observer sans Luuette, s'il ne s'agit que des Phases du commencement & de la fin, ou de l'immersion & de l'émersion, ou bien avec une lunette de médiocre longueur on peut observer les immersions & émersions de ses taches.

M. de Cassini très-habile Astronôme a mis au jour l'an 1693, des Tables exactes des mouvemens des Satellites de Jupiter. C'est pourquoi en comparant le tems de l'immersion ou de l'émersion du premier Satellite de Jupiter trouvé par les Tables dressées pour l'Observatoire, avec les observations faites en tous autres lieux, par la différence du tems, on connoîtra la différence des longitudes entre l'Observatoire & le lieu de l'observation. Ce qui se pourra confirmer en observant le même phénomene en l'un & l'autre lieu.

Il est à propos d'avertir ici les Observateurs, d'un cas qui empêche souvent d'observer exactement les Satellites de Jupiter. Dans un tems serein on remarque souvent que la splendeur de Jupiter & des ses Satellites s'éteint peu à peu, de sorte qu'il est impossible de déterminer exactement le vrai tems de l'immersion ou émersion. La cause de cet accident vient de la lentille objective, laquelle se couvre toute de goutes de rosée, qui détournent les rayons de lumiére, ce qui fait qu'il y en a très-peu qui parviennent jusqu'à l'œil.

Un remede très-sûr à cette incommodité, est qu'en faisant un tuyau de papier brouillard, c'est-à-dire, tournant deux ou trois feuilles l'une sur l'autre, on fera un tuyau long d'environ deux pieds, assez ample pour embrasser le bout du tuyau de la lunette du côté du verre objectif. Ce tuyau ainsi ajusté boira la rosée de la nuit, & empechera qu'elle ne parvienne jusqu'au verre; & par ce moyen on pourra commodément faire les observations.

La difficulté dans les observations des Eclipses du Soleil & de la Lune, est d'observer exactement les doits éclipsés. Feu M. le Chevalier de Louville nous a donné l'idée d'une Machine pour pouvoir faire suivre le Micrometre à l'Astre qu'on observe. Car comme l'Astre va dans un sens, pendant que l'ombre va dans un autre, l'Observateur n'a pas le tems de me-

furer la quantité du Difque qui refte illuminé. Ce célebre Aftronôme propofoit de joindre à une Machine parallactique une horloge de fer qui feroit tourner une manivelle attachée à une vis fans fin, par le moyen de laquelle ce mouvement d'horloge feroit tellement difpofé, qu'il feroit tourner ladite Machine, avec la viteffe du mouvement diurne du Soleil; par ce moyen on pourroit faire en forte qu'un des fils du Micrométre feroit toujours vis-à-vis du limbe ou bord de l'Aftre oppofé à l'endroit le plus éclipfé; & l'Obfervateur n'ayant pour lors qu'à fonger à prendre cette quantité, par le moyen de la vis du Micrométre, il en pourroit aifément venir à bout; ce qu'on ne fçauroit faire par toute autre Machine qu'on ait inventée jufqu'à préfent.

CHAPITRE V.

De la conftruction & ufage d'une Machine qui montre les Eclipfes tant du Soleil que de la Lune, les Mois & les Années lunaires avec les Epactes.

XXI. *Planche. Fig.* 5.

CEtte Machine eft inventée par M. de la Hire, & eft compofée de trois Platines rondes de cuivre ou de carton, & d'une alidade ou régle qui tourne du centre commun autour de la circonférence des Platines. Vers le bord de la fupérieure, qui eft la plus petite, il y a deux bandes circulaires, dans lefquelles on a fait de petites ouvertures rondes, dont les extérieures marquent les Nouvelles Lunes, & l'image du Soleil, & les intérieures marquent les Pleines-Lunes, & l'image de la Lune. Le bord de cette Platine eft divifé en 12 mois lunaires qui contiennent chacun 29 jours 12 heures 44 minutes; mais de telle forte que la fin du 12me mois, qui fait le commencement de la feconde année lunaire, furpaffe la premiere Nouvelle Lune de la quantité de 4, des 179 divifions marquées fur la Platine du milieu.

Au bord de la Platine fupérieure il y a un index attaché, dont un côté, qui eft en la ligne de foi, fait partie d'une ligne droite qui tend au centre de la Machine; laquelle ligne paffe auffi par le milieu de l'une des ouvertures extérieures, qui montre la premiere Nouvelle Lune de l'Année lunaire. Le diamétre des ouvertures eft égal à l'étendue de quatre dégrés ou environ.

Le bord de la feconde Platine eft divifé en 172 parties égales, qui fervent pour autant d'Années lunaires, dont chacune eft de 354 jours, 9 heures ou environ. La premiere année commence au chifre 179, auquel finit la derniére.

Les années accomplies font marquées chacune par leurs chifres 1, 2, 3, 4, &c. qui vont de 4 en 4 divifions, & qui font 4 fois le tour pour achever le nombre 179, comme on le voit en la figure de cette Platine. Chacune des Années lunaires comprend quatre defdites divifions, de forte qu'en cette figure elles anticipent l'une fur l'autre de 4 defdites 179 divifions du bord.

Sur cette feconde Platine au-deffous des ouvertures de la premiere, il y a aux deux extrémités d'un même diamétre un efpace coloré de noir, qui répond aux ouvertures extérieures, & qui marque les Eclipfes de Soleil.

Elle porte aussi un autre espace coloré de rouge qui répond aux ouvertures intérieures, & qui marque les Eclipses de Lune. La quantité de chaque couleur qui paroît par les ouvertures fait voir la grandeur de l'Eclipse. Le milieu des deux couleurs, qui est le lieu du nœud de la Lune, répond d'un côté à la division marquée 4, & 2 tiers de dégré de plus; & d'autre côté il répond au nombre opposé.

La figure de l'espace coloré se voit sur cette seconde Platine, & son amplitude ou étendue marque les termes des Eclipses.

La troisiéme & la plus grande des Platines, qui est au-dessous des autres, contient les jours & les mois des années communes. La division commence au premier jour de Mars, afin de pouvoir ajoûter un jour au mois de Février, quand l'année est bissextile. Les jours de l'année sont décrits en forme de spirale, & le mois de Février passe au-delà du mois de Mars, à cause que l'Année lunaire est plus courte que l'Année solaire, de sorte que la 15me heure du 10me jour de Février répond au commencement du mois de Mars. Mais après avoir compté le dernier jour de Février, il faut rétrograder avec les deux Platines supérieures dans l'état où elles se trouvent, pour reprendre le premier jour de Mars. Il y a 30 jours marqués au-devant du mois de Mars qui servent à trouver les Epactes.

Il faut remarquer que les jours, comme nous les prenons ici, ne sont point accomplis suivant l'usage des Astronômes, mais comme le vulgaire les compte, c'est-à-dire, en commençanr à une minuit & finissant à minuit du jour suivanr. C'est pourquoi toutes les fois qu'il s'agit d'un premier jour de mois, ou de tout autre jour, nous entendons par-là l'espace de ce jour marqué dans la division; car nous comprons ici les jours courans, suivant l'usage vulgaire.

Dans le milieu de la Platine supérieure on a décrit des Epoques qui marquent le commencemenr des Années lunaires, par rapport aux Années solaires, selon le Calendrier Grégorien & pour le Méridien de Paris. Le commencement de la premiere année, dont la marque doit etre *zero*, & qui répond à la division 179, est arrivé à Paris à 14 heures & demie du 29 Février de l'année 1680.

La fin de la premiere Année lunaire, qui est le commencement de la seconde, répond à la division marquée 1: Elle est arrivée à Paris l'an 1681, le 17 Février à 23 heures un quart, en comptant, comme nous avons dit, 24 heures de suite d'une minuit à l'autre.

Mais de crainte qu'il n'y eût quelqu'erreur en rapportant les divisions du bord de la seconde Platine avec celles des époques des Années lunaires qui leur correspondent, nous avons mis les memes nombres aux unes & aux autres.

Nous avons marqué sur la Machine même les époques de toutes les Années lunaires, depuis l'année 1700 jusqu'à l'année 1750; & depuis cette derniére année jusques & compris 1854, nous les avons marqué de 10 en 10 ans, afin que l'usage de cette Machine fût plus facile pour accorder ensemble chacune desdites Années lunaires & solaires. Quant aux autres années de notre Cycle de 179 ans, il ne sera pas difficile de le rendre complet, en ajoûtant 354 jours 8 heures 48 minutes & deux tiers pour chaque Année lunaire.

L'alidade ou régle, qui s'étend du centre de l'Instrument jusqu'au bord

de la plus grande Platine, sert à rapporter les divisions d'une Platine avec celles des deux autres. Que si l'on applique cette Machine à une horloge, on aura un Instrument parfait & accompli en toutes ses parties.

La Table des Epoques, qui est dressée pour le Méridien de Paris, pourra facilement se réduire aux autres Méridiens, si pour les lieux plus orientaux que Paris, on ajoûte le tems de la différence des Méridiens; & au contraire si on l'ôte pour les lieux plus occidentaux.

Il est à propos de mettre la Table des Epoques au milieu de la platine supérieure, afin qu'elle se puisse voir avec cette Machine.

Maniére de faire les divisions sur les Platines.

LE cercle de la plus grande Platine est divisé de telle façon, que 368 dégrés 2 minutes 42 secondes comprennent 354 jours 9 heures ou un peu moins. D'où il suit que ce cercle doit contenir 346 jours 15 heures, lesquelles on peut prendre sans erreur sensible pour deux tiers de jour. Or pour diviser un cercle en 346 parties égales & deux tiers, réduisez le tout en tiers qui sont en cet exemple 1040 tiers; cherchez ensuite le plus grand nombre multiple de 3, qui se puisse facilement diviser par moitié & qui soit contenu en 1040. Ce nombre se trouvera dans une progression géométrique double, dont le premier & moindre terme sera 3, comme 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384, 768.

Le 9me nombre de cette progression est celui qu'on cherche. Il faut donc soustraire 768 de 1040, dont il restera 272, & chercher combien ce nombre restant fait de dégrés, minutes & secondes, par la régle de trois, en disant: Si 1040 tiers font la circonférence d'un cercle de 360 dégrés, combien 272 tiers. La régle étant faite, elle vous donnera 94 dégrés 9 minutes 14 secondes.

C'est pourquoi retranchez dudit cercle un angle de 94 dégrés 9 minutes 14 secondes, & divisez le reste du cercle toujours par moitié, ensorte qu'après avoir fait huit subdivisions vous parviendrez au nombre 3, qui sera l'arc d'un jour, par lequel divisant aussi l'arc de 94 dégrés 9 minutes 14 secondes, tout le cercle se trouvera divisé en 346 jours 2 tiers. Car il y aura 256 jours dans le plus grand arc, & 90 jours 2 tiers dans l'autre. Chacun de ces espaces répond à 1 dégré 2 minutes 18 secondes, comme on le voit en divisant 360 par 346, 2 tiers; & 10 jours répondent à 10 dégrés 23 minutes. Par ce moyen on pourroit faire une Table qui serviroit à diviser cette Platine.

Ces jours seront ensuite distribués à chacun des mois de l'année, suivant le nombre qui leur convient, en commençant par le mois de Mars, & continuant jusqu'à la 15me heure du 10 de Février, qui répond au commencement de Mars, & le reste dudit mois de Février passe au-delà & par dessus.

Le cercle de la seconde Platine doit être divisé en 179 parties égales. Pour cet effet cherchez le plus grand nombre, qui se puisse toujours diviser par moitié jusqu'à l'unité, & qui soit contenu en 179, & vous trouverez 128, lequel ôté de 179, reste 51. Cherchez quelle partie de la circonférence du cercle fait ledit reste, par la régle de trois, en disant: Si 179 parties font 360 dégrés, combien feront 51 parties; alors le 4me terme sera 102 dégrés 34 minutes 11 secondes.

C'est pourquoi ayant retranché du cercle un arc de 102 dégrés 34 minutes 11 secondes, divisez le reste dudit cercle toujours par moitié, & après avoir fait 7 subdivisions vous parviendrez à l'unité. Ainsi cette partie de cercle sera divisée en 128 parties égales, puis avec la même derniére ouverture de Compas vous diviserez l'arc restant en 15 parties, & tout le cercle se trouvera divisé en 179 parties égales, dont chacune répond à 2 dégrés 40 secondes, comme il est aisé de voir, en divisant 360 dégrés, par 179. C'est un second moyen pour diviser ladite Platine.

Enfin, pour diviser le cercle de la Platine supérieure, prenez le quart de sa circonférence, & y ajoûtez une des 179 parties ou divisions du bord de la Platine du milieu; le compas ouvert du quart ainsi augmenté, ayant tourné 4 fois, divisera ledit cercle de la maniére qu'il doit être; car en subdivisant chacun desdits quarts en 3 parties égales, on aura 12 espaces pour les 12 mois lunaires, de telle sorte que la fin du douziéme mois, qui fait le commencement de la seconde année lunaire, surpasse la premiére Nouvelle Lune de 4 des 179 divisions marquées sur la Platine du milieu.

Usage de cette Machine.

UNe Année lunaire étant proposée, trouver les jours de l'Année solaire qui lui répondent, dans lesquels doivent arriver les Nouvelles & Pleines-Lunes & les Eclipses.

Soit proposée, par exemple, la vingt-quatriéme année lunaire de la Table des Epoques, qui répond à la division de la Platine du milieu marquée (24.) Arrêtez la ligne de foi de l'index à la Platine supérieure sur la division marquée 24, en la Platine du milieu, où est le commencement de la vingt-cinquiéme Année lunaire. Et voyant par la Table des Epoques que ce commencement tombe sur le 14me jour de Juin de l'année 1703, à 9 heures 52 minutes, tournez ensemble les deux Platines supérieures en cet état, jusqu'à ce que la ligne de foi de l'index attaché à la Platine supérieure convienne avec la dixiéme heure ou environ du 14me Juin, marquée sur la Platine inférieure, auquel tems arrive la premiére Nouvelle Lune de l'Année lunaire proposée, car la ligne de foi de l'index passe par le milieu de l'ouverture de la premiére Nouvelle Lune de ladite Année lunaire.

Ensuite, sans changer la situation des trois Platines, étendez depuis le centre de l'Instrument un fil ou la régle mobile, & la faisant passer par le milieu de l'ouverture de la premiére Pleine-Lune, la ligne de foi de cette régle répondra au commencement du 29me jour dudit mois de Juin à 4 heures un quart, qui est le tems de cette Pleine-Lune, laquelle a été totalement éclipsée, comme il paroît par la couleur rouge qui remplit toute l'ouverture de cette Pleine-Lune.

L'Instrument étant dans cette position, on connoît que la Nouvelle Lune suivante est arrivée sur les 3 heures du matin du 14 Juillet aussi suivant, & qu'ainsi il y a eu une Eclipse partiale de Soleil.

En continuant de considérer la Machine toujours dans la même position, on connoit encore les Eclipses qui sont arrivées pendant le mois de Décembre de la même année 1703 & vers le commencement de l'année suivante. Mais comme la dixiéme Nouvelle Lune de l'année proposée passe au-delà du 28me jour de Février, il faut conduire l'alidade jusqu'audit jour

28me Février, & faire rétrograder ensuite les deux Platines supérieures, conjointement avec l'alidade, & dans le même état où elles se trouvent toutes les trois, jusqu'à ce que la ligne de foi de ladite alidade se rencontre sur le premier jour de Mars, où commence la division des jours & des mois de l'année sur la troisiéme Platine; après quoi conduisant la régle ou alidade par toutes les ouvertures des Nouvelles & Pleines-Lunes qui restent de ladite année proposée, on apperçoit sur la derniere Platine les tems qu'elles sont arrivées.

Mais comme la treiziéme Nouvelle Lune est la premiére de l'Année lunaire suivante, laquelle répond au nombre 25 des divisions de la Platine du milieu, on laissera les deux Platines inférieures en l'état où elles se trouvent, & l'on avancera celle de dessus jusqu'à ce que la ligne de foi de son index convienne avec le nombre 25 de la Platine du milieu, auquel point elle marquera sur la derniére & plus grande Platine le jour de la premiére Nouvelle Lune de la 25me Année lunaire, selon l'ordre de notre époque, laquelle est arrivée à 18 heures 40 minutes du second jour de Juin de l'année 1704; ensuite conduisant comme ci-devant la régle mobile par le milieu des ouvertures des Nouvelles & Pleines-Lunes, on connoît sur la derniére Platine les jours qu'elles sont arrivées en l'année 1704 aussi-bien que les Eclipses de la même année, jusqu'à la fin de Février, après quoi il faudra faire la même chose que pour l'année précédente, c'est-à-dire, qu'après être parvenu à la fin de Février, il faudra rétrograder jusqu'au premier jour de Mars, de la maniére qu'il vient d'etre dit.

On pourroit ainsi trouver les commencemens de toutes les Années lunaires sans se servir de la Table des Epoques; mais d'autant qu'il n'est pas possible d'ajuster si exactement les Platines & l'Alidade les unes sur les autres qu'il ne se glisse quelqu'erreur, qui s'augmenteroit d'année en année, ladite Table des Epoques servira pour rectifier l'usage de cette Machine.

En posant la ligne de foi de la régle mobile sur l'âge de la Lune, entre les jours des mois lunaires marqués sur le bord de la Platine supérieure, on verra les jours des mois communs correspondans, & à peu près les heures, sut le bord de la Platine inférieure.

Il est à remarquer que les calculs de la Table des Epoques sont faits pour les tems moyens des Nouvelles Lunes, qui supposent les mouvemens du Soleil & de la Lune toujours égaux; c'est pourquoi il se trouve quelque différence entre les tems apparens des Nouvelles & Pleines Lunes & des Eclipses telles que nous les voyons de la terre, comme elles sont marquées dans les Ephémérides.

Les mouvemens propres du Soleil & de la Lune, aussi-bien que ceux des autres Planétes, nous paroissent tantôt plus vites, & tantôt plus lents. Cette inégalité apparente vient en partie de ce que leurs orbites ne sont pas concentriques à la terre, & en partie de ce que les arcs égaux de l'Ecliptique, qui est oblique à l'Equateur, ne passent pas toujours par le Méridien avec des parties égales de l'Equateur. Les Astronômes, pour la facilité de leurs calculs, ont imaginé un mouvement qu'ils appellent *moyen* ou *égal*, supposans que les Planétes décrivent en des tems égaux des arcs égaux de leurs orbites. Le tems qu'ils appellent vrai ou apparent, est la mesure du mouvement vrai ou apparent, & le tems moyen est la mesure

du moyen mouvement. Ils ont aussi inventé des régles pour réduire les tems moyens en tems vrais ou apparens, (ces deux mots signifians en cette occasion la même chose,) & au contraire pour réduire les tems vrais ou apparens en tems moyens.

Trouver par le calcul si une Nouvelle ou Pleine-Lune sera écliptique.

POur les Nouvelles Lunes, multipliez par 7361 le nombre des mois lunaires accomplis depuis celui qui a commencé le 8me Janvier 1701, suivant le Calendrier Grégorien, jusqu'à celui qu'on examine; ajoûtez au produit le nombre 33890, & divisez la somme par 43200; après la division, sans avoir égard au quotient, examinez le reste ou la différence entre le diviseur & le reste, car si l'un ou l'autre est moindre que le nombre 4060, il y a aura Eclipse de Soleil.

Mais s'il s'agit d'une Pleine-Lune, multipliez semblablement par 7361, le nombre des mois lunaires accomplis depuis celui qui a commencé le 8me Janvier 1701, jusqu'à la Nouvelle Lune qui a précédé la Pleine-Lune qu'on examine; ajoûtez au produit 37326, & divisez la somme par 43200; la division étant faite, si le reste ou la différence entre le reste & le diviseur est moindre que le nombre 2800, il y aura Eclipse de Lune.

L'Eclipse de Soleil ou de Lune sera d'autant plus grande que le reste, ou la différence sera petite; & au contraire.

On demande, par exemple, si la Nouvelle Lune du 22 Mai de l'année 1705, a été écliptique. Depuis le 8 Janvier 1701 jusqu'au 22 Mai 1705, il y a 54 Lunaisons accomplies. Multipliez, selon la régle ce nombre 54, par 7361, & au produit ajoûtez 33890; la somme étant divisée par 43200, restera 42584, qui est plus grand que 4060, & la différence entre le reste 42584, & le diviseur 43200 est 616, laquelle est moindre que 4060; c'est pourquoi il y a eu Eclipse de Soleil.

S'il est question d'une Pleine-Lune, par exemple, de celle du 27 Avril de l'année 1706, nous trouverons 65 Lunaisons accomplies depuis la Nouvelle Lune du 8 Janvier 1701, jusqu'à celle qui a précédé la Pleine-Lune en question. C'est pourquoi ayant multiplié, selon la régle, ledit nombre 65 par 7361, & ajoûté au produit 37326, la somme sera 515791, laquelle étant divisée par 43200, sans avoir égard au quotient, le reste sera 40591, plus grand que 2800. La différence entre le diviseur & ce reste est 2609, moindre que 2800; c'est pourquoi il y a eu Eclipse de Lune ledit jour 27 Avril 1706.

L'Auteur a divisé & fait graver des Planches d'une bonne grandeur, pour monter cet Instrument en cartons. Il a fait aussi imprimer séparément un petit Livre pour expliquer son usage.

Les Sphéres des différens systêmes & les Globes célestes sont aussi des Instrumens qui servent à l'Astronomie, aussi-bien que les Astrolabes. Nous n'en disons rien ici, en ayant suffisamment parlé dans deux Traités séparés, qui expliquent assez bien leurs constructions & leurs usages.

Celui de l'usage des Globes & des Sphéres a été réimprimé l'année derniére pour la sixiéme fois.

Les Globes & les Sphéres que l'Auteur a fait graver suivant les différens systêmes, sont d'une grande beauté & faits avec toute la justesse possible,

de même qu'un Planisphére céleste d'une grandeur convenable & très-commode pour connoitre à tout moment l'état du Ciel, dont la construction & les usages sont expliqués dans un petit Traité qui est aussi imprimé séparément.

Les principaux Instrumens qu'un Astronôme doit avoir après un bon Quart de cercle, est une Pendule à secondes, une Lunette de 7 à 8 pieds où un Micrométre soit ajusté, pour observer & mesurer le diamétre des Astres, une Lunette ou Telescope de 15 ou 16 pieds pour observer les immersions & les émersions des Satellites de Jupiter, une de 20 à 25 pieds pour voir le premier Satellite de Saturne, & une de 35 à 40 pour observer les deuxiéme, troisiéme & quatriéme Satellites; & enfin une Machine parallactique.

CHAPITRE VI.

Description d'une Pendule à secondes à grandes vibrations, à roue de rencontre, à poids & à contre-poids, allant 30 heures.

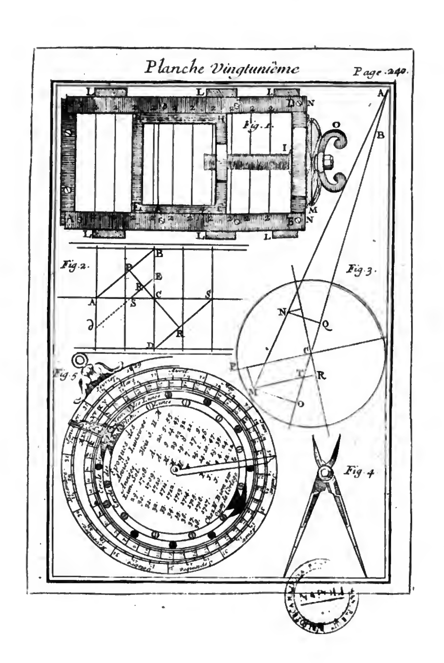
XXI. Planche. fig. 1

LA premiére figure fait voir la construction intérieure de cette Pendule. Les deux Platines marquées A A, B B qui sont de laiton, ont environ 6 à 8 pouces de long sur 3 ou 4 de large. Celle marquée A A, se nomme la *Platine de devant* ou *des pilliers*, & celle marquée B B, *Platine de derriere*, quand il s'agit de Pendule: & *Platines de dessus* & *de dessous* quand il s'agit de Montre. Elles sont éloignées l'une de l'autre d'environ 18 lignes, par le moyen de quatre pilliers de fonte qui sont rivés aux quatre coins de la Platine de devant, sur les pivots desquels la Platine de derriére entre, & y est retenue par le moyen d'une goupille qui passe au travers d'un trou fait dans le pivot de chaque pillier. Ces deux Platines avec les quatre pilliers sont ce que l'on appelle *la cage*. Dans l'entre-deux de ces Platines se posent les quatre roues suivantes.

La premiére, qui est marquée C C, est la plus grande de toutes; aussi se nomme-t-elle *la grande roue*. Elle a 80 dents, son axe est d'acier trempé, ainsi que tous les autres, & elle y est attachée par le moyen d'une assiette de laiton soudée & tournée sur l'axe sur laquelle elle est rivée. Sur un des bouts de cet axe est attachée une poulie de laiton qui a 5, 7 ou 9 pointes d'acier, marquées D D, enfoncées dessus afin d'empecher le cordon qui y passe, & auquel les poids sont suspendus, de glisser. Cet axe a deux pivots qui entrent dans deux trous faits aux deux Platines, sur lesquels la roue tourne & se meut librement, ainsi que toutes les autres roues.

La seconde roue marquée F, est plus petite de diamétre que la précédente: elle se nomme *roue moyenne* ou *seconde roue*. Elle a 48 dents, & est attachée, de meme que la grande, sur un axe ou tige d'acier qui porte un pignon marqué E, de la même piéce, qui a huit ailes, dans lequel pignon engréne la roue C C.

La troisiéme roue marquée H, est encore plus petite de diamétre que la précédente: elle a pareillement 48 dents, & porte de même sur la tige un pignon de huit ailes marqué G, dans lequel engréne la roue F. Cette troisiéme


Planche Vingtunième
Page .240.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4
Fig. 5

troisiéme roue H n'a pas la même forme que la précédente ; sa figure est en forme de couronne : elle est nommée en termes de l'art, *roue de champ*.

La quatriéme de ces roues marquées K, est encore plus petite de diamétre que la précédente. Elle a 15 dents, qui ne sont pas faites comme les autres : elles sont presque pareilles aux dents d'une scie. Cette roue est de même attachée sur un axe qui porte un *pignon de rapport* marqué I, qui a 24 ailes, dans lequel engréne la roue H. Ce pignon s'appelle ainsi, parce qu'il n'est pas de la même piéce que son axe, mais y est rivé à peu-près comme les roues. La quatriéme roue K, qui a la même forme que la précédente, est nommée *roue de rencontre*. Sa position dans la cage est différente de celle des autres : elle est horisontale, & est tenue de la maniére que nous allons l'expliquer. N & Q est une piéce de laiton qu'on nomme *la potence* qui tient à la Platine de derriére, sur laquelle elle est rivée. Q est ce qu'on appelle *le nez*, & N *le talon* ; sur le nez de la potence est percé un petit trou dans lequel entre un des pivots de la tige de la roue de rencontre, & l'autre pivot entre dans un trou percé dans une piéce de laiton marqué O. Cette piéce se nomme *la contre-potence* & tient sur la Platine de derriére par le moyen de la vis marquée *c*.

P est une autre piéce de laiton qu'on nomme *le coq*, tenue sur la Platine par le moyen de deux vis, dont on voit une marquée *i*. L'endroit marqué P, est ce que l'on nomme *le nez du coq*. M est ce qu'on appelle *la verge du balancier*, & L L ses *palettes*. Ces palettes doivent faire sur la verge un angle de 80 à 90 dégrés, & leur longueur doit être à peu-près comme une dent de la roue de rencontre. Cette verge qui est d'acier, passe au travers de la Platine, qui en cet endroit est percée d'un grand trou, & du nez de la potence, qui est aussi percé pour cet effet, & ses deux pivots entrent l'un dans un trou percé dans le talon de la potence N, & l'autre dans le nez du coq P. Au bout de cette verge est soudée une petite assiette de laiton sur laquelle est rivée *la fourchette* S.

Cette fourchette est courbée comme on le voit, en sa partie inférieure, & percée dans le milieu de son épaisseur & par son bout courbé, pour laisser passer la verge du pendule V, au bas duquel est *la lentille* X.

T sont deux lames de laiton, dont on ne voit ici qu'une, qui par leurs figures sont nommées *cycloïdes*. Cette cycloïde est attachée au coq, par le moyen de la vis marquée *k*, & à son haut est suspendu le pendule, de la maniére qu'on le voit par la figure 2, qui représente aussi la figure des deux lames de la cycloïde, dont on parlera dans la suite.

Il est facile de voir de quelle maniére ce mouvement de pendule se meut, par la force des roues, qui sont tirées par le poids. Le pendule V X étant une fois mis en branle, son mouvement est continué par le poids, dont le cordon tirant la poulie sur lequel il est, fait mouvoir la roue C C, qui engrenant dans le pignon E, fait mouvoir la roue F, qui communique son mouvement à la roue H, par le moyen du pignon G, dans lequel elle engréne. La roue H communique son mouvement au pignon I, qui fait mouvoir la roue K, dont les dents rencontrant alternativement les palettes L L, font mouvoir la fourchette S, qui entretient ainsi en mouvement continuel le pendule V X.

Il n'est pas difficile de remarquer, que ce mouvement doit être fort égal ; car la propriété du poids, étant de tirer toujours avec la même force,

les dents de la roue de rencontre rencontreront en des tems égaux les palettes L L, qui par le moyen de la fourchette S, feront faire (aidées de la cycloïde) des vibrations égales au pendule, tant que sa longueur ne changera point; ainsi les heures, les minutes & les secondes, seront marquées réglément par le moyen des roues ci-après nommées.

Y Y Y est la *Plaque du Cadran* ou *de la Boëte*, qui est ordinairement de laiton. Sur cette Plaque, se rivent *quatre petits pieds*, aussi de laiton, dont on voit un marqué Z, & sur les pivots desquels la Platine de devant marquée A A entre de la meme maniere, que la Platine de derriére entre sur celle de devant. Ces pieds qui ont environ 5 à 6 lignes de hauteur, servent à tenir dans cette distance, la Platine de devant avec la Plaque, qu'on fait tenir à la Boëte, par le moyen de quatre tourniquets.

Le pivot de l'*Abre* R, de la Roue C C, passe au travers de cette Plaque, & sert de centre *a*, pour tracer le cercle des heures ou Cadran (divisé en 12 parties égales) qu'on attache sur la Plaque, avec quatre vis. Le bord extérieur de ce Cadran est divisé en 60 autres parties égales, qui sont les minutes, & sont marquées par une aiguille, de la maniére que nous l'allons dire.

Sur le pivot de l'arbre R s'ajuste un *Canon* de laiton *g e*, sur lequel est rivée la Roue *b*, qu'on nomme la *Roue des minutes.* Ce canon est ajusté de maniére que l'Arbre R le fait tourner avec lui; mais cependant on le fait tourner seul, si l'on veut, lorsqu'il en est besoin.

Cette Roue a 30 dents, & engréne dans une autre marquée *n*, de pareil nombre de dents, & de même diamétre, qu'on appelle *la Roue de renvoi.* Cette derniére roue est rivée sur un pignon maqué *h*, qui a six ailes, & est soutenu par ses deux pivots, dont l'un entre dans un trou percé dans la Platine A A, & l'autre dans un trou percé dans le tenon *d*, qui est attaché sur la Platine A A, par le moyen de la vis marquée *m*.

Sur le Canon de la roue des minutes entre & tourne très-librement un autre canon de laiton marqué *r f*, sur lequel est rivé la roue *f*, qu'on nomme la *Roue de Cadran:* elle a 72 dents, qui engrenent dans le pignon *h*, de la Rone de renvoi marqué *n*.

Sur ce Canon de la roue de Cadran s'ajuste l'aiguille des heures sur lequel elle est portée; & l'aiguille des minutes est menée par le canon *g e*, de la roue *b*, qui étant plus long que celui de la roue de cadran, porte ladite aiguille, sur lequel elle entre quarrément; & ces deux aiguilles sont retenues par le moyen tant d'un écrou d'acier ou de laiton fait en espéce de goûte de suif & appliqué dessus, que d'une goupille qui entre dans un trou percé dans le bout de l'Arbre R. C'est de cette maniére que s'ajustent & que tournent les aiguilles des heures & des minutes. Voyons présentement celle des secondes.

Le Pivot du pignon G, de la Roue de champ marquée H, passant au travers de la Platine A A, va & s'étend jusqu'à la Plaque Y Y Y, qui en cet endroit est percée. Ce Pivot sert de centre à un autre Cadran, divisé en 60 parties égales, que l'on place dans l'intérieur du Cadran des heures, sur la plaque de la Boëte, & auquel on donne le plus grand diamétre que l'on peut. Sur ce pivot s'ajuste un Canon de laiton, sur lequel est rivée une petite aiguille, qui étant entraînée par le mouvement de la Roue de champ H, marque sur ce Cadran les secondes. Ce Cadran est ajusté sur ce pivot,

de la même maniére que celui de la Roue des minutes l'est sur l'Arbre de la grande roue, c'est-à-dire, que cette petite aiguille marche avec la Roue de champ; mais on la peut cependant tourner seule si l'on veut, & quand il en est besoin.

Voilà en quoi consiste tout le méchanisme de cette Pendule. Après en avoir donné la description, il n'est pas hors de propos de dire un mot de la révolution des roues, c'est-à-dire, du nombre des tours qu'elles font par heure, & de la longueur que doit être le pendule, pour battre une seconde à chaque vibration.

La roue C C qui, comme nous avons dit, porte l'aiguille des minutes sur le bout de son axe, doit par conséquent employer une heure de tems à faire son tour. Ayant 80 dents & engrenant dans le pignon E de 8 ailes, la roue F qui est attachée sur ce pignon, doit nécessairement faire 10, tours contre un de la roue C C, parce qu'en 80 il y a 10 fois 8.

Cette roue F a 48 dents, qui engrénent dans le pignon G de 8 ailes, qui porte la roue H: divisez 48 par 8, vous aurez 6 pour quotient; multipliez à présent 6 par 10 (qui sont les tours de cette seconde roue F) en une heure, vous aurez 60 tours de la roue H, pour une seule révolution de la roue C C.

La roue H a 48 dents, & le pignon I (dans lequel elle engréne) 24. Ce pignon I porte la roue K sur l'axe duquel elle est attachée: cette roue fait par conséquent deux tours pour un de la roue H. Multipliez à présent 60 par 2, vous trouverez 120 tours que fait la roue K, contre 60 de la roue H, & 10 de la roue F, & contre un de la roue CC, & le tout en une heure de tems.

Cette derniére roue K a 15 dents, qui font mouvoir ou pour parler plus correctement, qui font échapper les deux Palettes L L, de la verge du Balancier M. Ce Balancier fait vibrer le pendule V X par le moyen de la fourchette S, & lui fait faire 30 vibrations en un tour de la roue K, parce que les deux Palettes rencontrant alternativement les dents de cette roue, battent par conséquent le double de ce que la roue a de dents. Multipliez à présent 30 par 120 (qui sont les tours que la roue K fait en une heure) vous trouverez 3600 vibrations du pendule, pendant une seule révolution de la roue C C, qui est d'une heure de tems juste.

Si vous voulez sçavoir ensuite combien il y a de secondes en une heure, comme il y a 60 minutes à l'heure & 60 secondes à la minute, multipliez 60 par 60, il vous viendra pareillement 3600. Ainsi en faisant votre Pendule de la longueur qu'il doit être pour battre les secondes, c'est-à-dire, de 36 pouces 8 lignes & demie, qui est la longueur déterminée à le prendre du point de suspension au-dessus de T, où est le commencement de la courbure des deux lames, qui font la Cycloïde jusqu'au centre X, vous aurez un pendule qui par ses vibrations marquera une seconde de tems ou d'heure fort juste. Remarquez ici deux choses en passant. La premiére, c'est qu'il y a quelques personnes qui déterminent la longueur du pendule pour battre une seconde de tems à 36 pouces 8 lignes deux tiers, au lieu de 8 lignes & demie, comme il est dit ci-devant. Et la seconde, que plus on approche de l'Equateur & plus les vibrations du pendule sont lents, & par consequent il le falloit plus court pour battre les secondes; ce qui est tout le contraire lorsqu'on approche des Pôles.

Avant de parler des révolutions des roues qui ménent les aiguilles des heures, des minutes & des secondes, il est à propos de dire quelque chose de la forme de la Lentille du pendule, & de sa pesanteur.

Cette Lentille se fait à présent de deux ou trois figures différentes, les uns la font ronde & convexe, comme vous le voyez dans la figure premiére en X ; les autres lui donnent la forme d'un cylindre, & quelques autres celle d'un ancre, dont les extrémités sont pointues, comme le représente la figure troisiéme. Chacune de ces différentes figures a ses partisans, ce que nous n'entreprendrons point de décider ; cela n'appartient qu'aux personnes de l'art, qui par l'usage qu'ils en ont, jugent plus sainement que tous autres quelle figure est la meilleure pour la régularité des uns & des autres de ces Pendules. Cependant la figure ronde est celle dont on se sert plus volontiers sur la terre ; mais sur mer on donne la préférence à celle qui a la figure d'un ancre, comme divisant mieux l'air, & étant plus propre à vaincre sa résistance.

Cette Lentille se fait de cuivre ou de laiton : elle est creuse en dedans. On la remplit ordinairement de plomb, afin de lui donner, sous le moindre volume qu'il est possible, la pesanteur de deux ou trois livres. Ce poids sert encore beaucoup à la régularité de ce pendule ; car plus il est lourd & plus ses vibrations sont justes, résistant mieux aux différentes températures de l'air.

Nous avons déja dit que la Roue C C faisoit son tour en une heure. Et conséquemment la roue des *Minutes* marquée *b* (qu'elle porte sur son axe R, & sur le canon de laquelle est portée l'aiguille des minutes) fait également son tour avec elle.

Cette Roue marquée *b* a 30 dents, qui engrénent dans la roue de *Renvoi* marquée *n*. Cette roue-ci a pareillement 30 dents, ce qui fait que ses tours correspondent à ceux de la roue des minutes & qu'elles font autant de tours l'une que l'autre.

La roue de *Renvoi* a un pignon de 6 ailes marqué *h*, lequel engréne dans la roue de *Cadran* marquée *f*, laquelle a 72 dents : c'est sur le canon de cette roue de Cadran qu'est portée l'aiguille des heures, que l'on sçait ne devoir faire qu'un tour en 12 heures. Divisez à présent 72 par 6, & vous aurez pour quotient 12. Ainsi il est aisé de voir que la roue de Cadran faisant son tour en 12 heures, en fera faire 12 au pignon de la roue de Renvoi, qui communique ce même nombre de tours à la roue des *Minutes*. Par conséquent ces révolutions de tours conviennent avec le nombre de ceux que doivent faire chaque aiguille ; sçavoir celle des heures, un tour en 12 heures, & celle des minutes, 12 tours pour les 12 heures, ou un tour par chaque heure. Voyons à présent l'Aiguille des *Secondes*.

On doit se ressouvenir qu'elle est portée, par le moyen du canon sur lequel elle est rivée, sur le bout du pivot de la roue de *Champ* marquée H, & que cette roue fait 60 tours par heure : or y ayant 60 minutes à l'heure, il est évident que la révolution de cette roue ou de cette aiguille autour de son cadran est d'une minute d'heure ; aussi son cadran est-il divisé en 60 parties, dont chaque partie fait une seconde, & les 60 secondes la minute d'heure.

Fig. 3. Il nous reste encore à parler de la pesanteur des Poids *b* & *g*, qui sont de cuivre, & de quelle maniére ils doivent être suspendus, pour pouvoir

être remontés, sans que pour cela les roues ni les aiguilles cessent de marcher.

Il faut en premier lieu avoir un cordon de soie, car il vaut mieux qu'un de fil, étant plus maniable & se défilant moins. Sa longueur doit être proportionnée à la hauteur où l'on veut placer la Pendule.

Il faut passer ce cordon sur la circonférence & dans les chapes de deux Poulies de cuivre *e*, *f*, bien roulantes sur leurs axes ou essieux, ce qui est de conséquence à observer; ensuite on coud les deux bouts de ce cordon ensemble, de maniére qu'il soit toujours fléxible en cet endroit & que sa grosseur n'en soit pas augmentée. Il faut aussi que sa grosseur convienne aux cannelures de toutes les Poulies sur lesquelles il doit passer. Etant ainsi cousu & roulant sur les deux Poulies *e*, *f*, il devient double; & en le pliant, soit par moitié ou autrement, les deux Poulies se trouvent suspendues par leur propre poids aux extrémités. On en passe d'abord une sur la Poulie D D qui roule sur l'axe R de la roue C C, dont nous avons déja parlé (*figure* 1re) ce qui se fait quand on monte le mouvement de la Pendule & avant que d'y mettre la Platine de derriére. Ensuite on passe l'autre bout du cordon double, où pend la Poulie *f*, sur une autre Poulie marquée *d*, qui est attachée au bas de la boëte de la Pendule, comme la représente la figure 3me, où l'on voit que les deux Poulies *e*, *f*, & les deux bouts du cordon double sont d'un côté & de l'autre de la derniére Poulie *d*.

Cette Poulie est faite comme celle de l'axe R, ayant de même environ un pouce de diamétre, & 5, 7 ou 9 pointes d'acier, pour retenir le cordon & empêcher que les poids ne le fassent glisser sur cette Poulie, laquelle roule sur un axe ou essieu d'acier, & qui a sur sa Platine de derriére un Rochet de laiton qui est rivé dessus, un cliquet d'acier tenu par une vis, sur lequel il se meut librement, & un ressort de cliquet aussi d'acier trempé, tenu de même par une vis avec un petit pied sur sa queue, pour empêcher qu'il ne change de place, & afin que son bout porte toujours sur le cliquet, & le fasse entrer dans la dent du Rochet quand on remonte le poids.

Au bas de la Poulie *f*, s'accroche le plus gros poids *g*, dont la pesanteur n'est point déterminée : moins il sera pesant, & mieux ce sera; il suffit qu'il le soit assez, pour faire continuer au pendule ses vibrations, lorsqu'on l'a une fois mis en branle. Ce poids est creux en dedans, afin de le rendre plus lourd & de le pouvoir charger & décharger à volonté.

Au bas de la Poulie *e*, s'accroche le plus petit poids *b*, dont la pesanteur doit être seulement pour pouvoir tenir le cordon *e* en état. Ainsi ce poids est tout de cuivre sans plomb, & ne pese qu'environ une livre.

Voilà de quelle maniére s'attachent les deux poids *b* & *g*, & que se passe le cordon *e* sur la Poulie D D, de la fig. 1re, & sur celles *d*, *e*, *f*, de la fig. 3me.

Il est facile de voir à présent qu'en tirant le Poids *b*, le mouvement des roues, des aiguilles & du pendule ne sera point interrompu, parce que le poids *g* tire toujours de la moitié de sa pesanteur la Poulie D D, & par conséquent continue le mouvement de la roue C C, qui communique le sien par le moyen des autres roues, aux aiguilles & au Pendule.

Il n'est pas, ce semble, nécessaire de dire que la boëte doit être percée par dessous pour y pouvoir passer le pendule, & lui donner moyen de faire ses vibrations : cela se voit aisément.

La Pendule étant ainsi toute finie, il n'est plus question que de la poser dans l'endroit où l'on veut qu'elle reste pour s'en servir utilement, ce qui demande plus de précaution qu'on ne pense. Autant, comme on le peut, il faut que la boëte soit de niveau; mais ce n'est pas en cela seul que consiste la délicatesse, car si la Fourchette n'étoit pas ajustée de maniére qu'elle fut bien dans le milieu de l'arc de cercle qu'elle décrit, lorsque les Palettes échappent, ou bien si le mouvement n'étoit pas posé de niveau dans sa boëte, il ne serviroit de rien qu'elle fût placée bien droite. Ainsi c'est au pendule seul où il faut avoir toute l'attention possible, & observer que lorsqu'il est en repos dans sa ligne de direction, il ne décrive pas un plus grand arc de cercle d'un côté que de l'autre, lorsqu'on entend le balancier échapper; car autrement le pendule seroit sujet à s'arrêter, quand même le mouvement seroit fait avec toutes les précautions requises, & dans le détail desquelles nous n'entrons point, étant le fait des personnes de l'art.

La Pendule ainsi posée, il ne reste plus, avant de s'en pouvoir servir, qu'à la régler, ce que l'on doit faire sur le Soleil, ayant égard aux équations; ou sur les Etoiles fixes, ayant égard à leur accélération. Ceux qui ont besoin de la régularité de ces Pendules, ayant sans doute des principes d'Astronomie, sçavent ce que c'est que les équations du Soleil & l'accélération des Etoiles fixes: Ainsi nous n'en dirons rien ici, d'autant que l'on donne tous les ans au Public par ordre de Messieurs de l'Académie, des Tables toutes calculées pour régler les Pendules par ces moyens.

Il suffit seulement de sçavoir qu'au-dessus de la Lentille du pendule X, il y en a une autre plus petite marquée *t*, qui glisse facilement le long de la Verge V, où on la retient par le moyen de la vis marquée *o*. Lorsque la Lentille retarde, on léve plus haut cette petite Lentille; & lorsqu'elle avance, on l'abaisse.

Passons maintenant à la forme ou figure que doivent avoir les Dents des roues & les Ailes des pignons, & comment on doit tracer sur la Platine la place & le diamétre de chaque roue: c'est ce que nous allons expliquer en peu de mots, afin de satisfaire quelques personnes qui nous en ont requis.

La figure & la proportion de la Denture en général, est ce qui ne se peut guére décrire; parce que c'est non-seulement sa grosseur qui en décide, mais encore l'effet à quoi est destinée la roue & la maniére dont elle engréne avec son pignon; ce qui fait que nous n'en parlerons qu'en termes vagues & généraux.

Nous dirons seulement qu'elle ne doit point être trop longue, parce qu'elle seroit en ce cas sujette à se fausser; & c'est alors ce qu'on appelle des dents de peigne. Elle ne doit point être non plus en molette d'éperon, c'est-à-dire, trop pointue; mais elle doit être droite, fort égale &
Fig. 5. un peu plus vuide que pleine. Le fond des entre-deux doit être bien quarré & les dents arrondies à peu-près comme celles de la portion de la roue A.

Il en est à peu-près de même des ailes des pignons. On observe seulement de les faire un peu plus rondelettes vers le bout, comme on le peut voir au pignon B.

Voilà en général ce qui concerne les Pignons & les Roues ordinaires.

Quant à la figure des Dents de la Roue de *rencontre*, elle est différente, ainsi que nous l'avons déja dit, & qu'on le voit dans la figure premiére.

Elle doit etre droite par devant, & un peu creusée dans le milieu par le derriére, afin que la Palette se dégage mieux en passant dedans. Ces dents sont plus difficiles à former que les précédentes, parce qu'elles font aussi un effet tout différent. Il faut nécessairement qu'elles ne soient pas plus longues l'une que l'autre, ni moins pointues; & sur tout qu'elles soient parfaitement égales, autrement la Palette s'arrèteroit sur le bout des plus petites & ne pourroit passer, ce qui causeroit sur le champ au pendule un arrêt, que l'on nomme en termes de l'art *accrochement*, qui feroit arrêter tout le mouvement.

La grosseur des pignons ne mérite pas moins d'attention que leur forme. Car pour peu qu'ils soient trop gros où trop menus, cela cause ordinairement au mouvement un arrêt par l'accotement qui se forme entre la dent de la roue & les ailes du pignon, & c'est à quoi il faut bien prendre garde. Quand même ce défaut ne feroit pas suffisant pour causer un arrêt au mouvement, il lui causeroit toujours d'autres inconvéniens assez considérables, dans le détail desquels nous ne pouvons entrer, parce que cela nous méneroit trop loin. Il n'est guére possible non plus de déterminer cette grosseur. On sçait en général qu'elle se prend du diamétre de la roue, du nombre de ses dents & de celui des ailes du pignon. Par exemple, un pignon de 8 ailes qui engréne dans une roue de 80 dents, doit être environ dix fois moins gros que la roue n'est grande, parce que la proportion de 8 à 80 est dix. Mais si ce pignon de 8 ailes engréne dans une roue de 48 dents, il doit étre d'environ six fois plus petit que la roue, parce que la proportion de 8 à 48 est de six; & ainsi du reste pour toutes les autres roues & pignons. Mais si la roue méne le pignon, ou si c'est le pignon qui la méne; si son engrenage est droit, ou s'il est oblique, toutes ces différences qui se rencontrent dans toutes les machines changent aussi la grosseur ou diamétre du pignon. Ainsi on ne peut donner ici que des régles générales; autrement il faudroit entrer dans le détail de chaque roue & de chaque pignon, ce qui ne se peut faire aisément, sur tout quand on veut abréger matiére.

Voici à présent ce qui concerne le calibre, & la maniére de le tracer & le percer.

Sur une Platine de six pouces de long & trois de large tirez une ligne de haut en bas qui la partage en deux également. Sur cette ligne comme centre, tracez la grande roue à laquelle vous donnerez 32 lignes de diamétre, en observant qu'elle n'approche pas plus près le bord d'en-bas de la Platine qu'elle fait les côtés, qui est deux lignes. A trois lignes ou environ de la premiére ligne tirée (n'importe que ce soit du côté droit ou gauche) & à une bonne ligne du bord de la grande roue comme centre, tracez la seconde roue à laquelle vous donnerez 14 lignes de diamétre.

Et sur la premiére ligne tirée, & à une bonne ligne de distance du bord de votre seconde roue, tracez comme centre la roue de champ, à laquelle vous donnerez 18 lignes de diamétre.

Ensuite marquez la place des piliers aux quatre coins de la platine, ou pour mieux faire, mettez 6 piliers au lieu de 4, & les deux autres au mi-

lieu du côté de chaque bord de la platine; cela tiendra mieux la cage en état; & empêchera les Platines de voiler.

Cela étant ainsi marqué, percez les trous du centre de chaque roue, d'environ la moitié plus menus qu'il ne les faut pour les pivots de ces mêmes roues.

Ensuite tracez sur le derriére de cette Platine les roues des minutes, de renvoi & de cadran ou des heures en cette maniére.

Du centre de la grande roue tracez la roue des minutes, à laquelle vous donnerez environ 10 ou 11 lignes de diamétre.

De la même ouverture de compas tracez sur le milieu de la largeur de la Platine directement opposée à la premiére ligne tirée & au-dessous de la roue des minutes, la roue de renvoi, de maniére qu'elle anticipe sur le bord de la roue des minutes, d'environ une ligne. Quant à la roue de cadran, il ne sera pas fort difficile d'en marquer le diamétre, puisque son centre est le même que celui de la roue des minutes, & qu'elle engréne dans le pignon de la roue de renvoi à une ligne ou environ près du centre de cette roue; ce qui lui donne environ 17 lignes de diamétre.

Le calibre étant ainsi tracé & percé sur la Platine des piliers, il n'est plus question que de le percer pareillement sur la Platine de derriére. Pour y parvenir, mettez-la sur la Platine de devant bien juste de longueur & largeur, & faites-la tenir ainsi posée avec des tenailles à vis; après quoi repercez avec les mêmes forets les trous que vous avez marqués sur la Platine de devant, excepté celui du pivot de la roue de renvoi. Ces trous ainsi percés, croisez-les l'un sur l'autre bien droits, afin que la cage étant aussi montée bien droite, les roues le soient dedans & puissent tourner très-librement. Ensuite tracez sur la Platine de derriére la grande roue, la seconde roue, & la roue de champ. Tracez-y aussi, si vous voulez, du centre de la grande roue, la poulie à laquelle vous donnerez depuis un pouce de diamétre, jusqu'à un pouce & demi.

Quant à la roue de rencontre, vous la tracerez pareillement, si vous voulez, au haut de cette Platine; mais n'y percez point de trou, & donnez-lui 14 lignes de diamétre.

Ces quatre roues doivent être croisées, c'est-à-dire, évuidées par le milieu afin d'être moins pesantes. On les croise ordinairement en trois, & quelque fois en quatre, ce qui n'en est que mieux.

Quant à l'épaisseur de ces roues, la grande a environ une ligne & demie d'épaisseur, la seconde près d'une ligne, & les roues de champ & de rencontre chacune une demi ligne. Le champ de ces deux derniéres doit avoir environ trois lignes de largeur. Les roues des minutes, de renvoi & du cadran, doivent avoir aussi environ une demi ligne d'épaisseur.

Tel est en abrégé ce qui concerne le calibre de ces piéces, la briéveté que nous nous sommes proposée, ne nous permettant pas d'entrer dans un plus long détail.

L'usage de cette Pendule pour l'Astronomie est facile. On remarque au cadran l'heure, la minute & la seconde. On compte ensuite les vibrations ou battemens du pendule, pour déterminer l'heure précise des observations; mais il faut que la Pendule soit bien réglée sur le mouvement des Astres.

Finissons

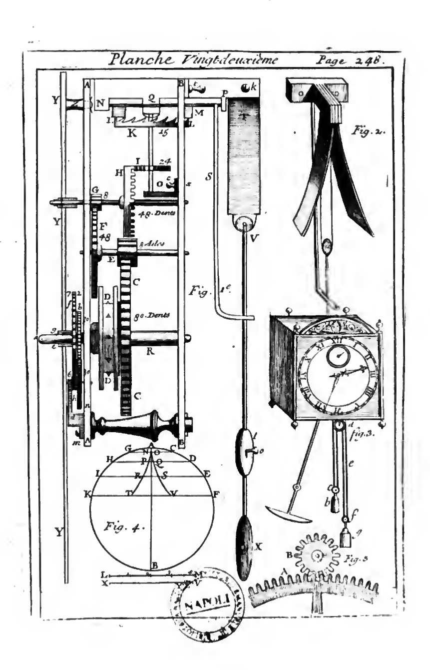


Fig. 1.
Fig. 2.
fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5
48. Dents
8 Ailes
80. Dents

Finissons de décrire la construction de cette Pendule, pour donner la maniére de faire la courbure des deux lames de cuivre nommées *Portion de Cycloïde.*

Décrivez le cercle A, F, B, K, dont le diamétre A, B, soit égal à la moitié de la longueur du pendule. Vous prendrez sur la circonférence de ce cercle, les parties AC, CD, DE, EF, & AG, GH, HI, IK, égales entr'elles, & vous tirerez les lignes C G, D H, E I, F K, d'une division à l'autre, & elles seront paralléles. Vous ferez la ligne L M égale à l'arc A F, que vous diviserez en autant de parties que l'arc A F. Vous prendrez une de ces parties que vous porterez de C en N, & de G en O, sur la ligne C G; vous prendrez ensuite sur la ligne L M deux parties que vous porterez de D en P, & de H en Q sur la ligne D H; vous prendrez encore trois parties sur la ligne L M, que vous porterez sur la ligne E I de E en R & de I en S; enfin vous prendrez quatre parties, qui font toute la longueur de la ligne L M, que vous porterez sur la ligne F K de F en T & de K en V, & ainsi des autres parties, si vous aviez pris davantage de points sur le cercle A F B K. Fig. 4.

Par les points trouvés N, P, R, T, & O, Q, S, V, vous tracerez les lignes courbes AT, AV, qui formeront la figure de la Cycloïde, sur lesquelles vous formerez les lames de cuivre que vous voudrez avoir, entre lesquelles vous suspendrez le Pendule. Il suffit d'avoir une petite partie des arcs AT, AV, une plus grande partie feroit inutile, le fil, la soie, le ruban ou la lame de laiton ou d'acier dont on suspend les Pendules, n'y pouvant atteindre.

Pour trouver la ligne L M, égale à l'arc A F, vous prendrez les deux demi-cordes de l'arc A F, que vous porterez de X en Y sur la ligne X V; vous prendrez ensuite toute la corde de l'arc A F, que vous porterez de X en Z. Vous diviserez la grandeur Y Z en trois, & vous en prendrez une partie que vous porterez de Z en V. Alors toute la ligne X V sera presqu'égale à l'arc A F.

Fin du sixiéme Livre.





DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES INSTRUMENS QUI SERVENT A LA NAVIGATION.

LIVRE SEPTIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

De la construction & des usages de la Boussole marine.

XXIII. Planche. Fig. 1.

LA figure premiére représente une *Rose de Boussole*, que les Marins nomment aussi *Compas de route*. Son bord extérieur représente l'Horison du monde. Il se divise quelquefois en 360 dégrés, & le plus souvent il n'est divisé qu'en 32 parties égales, comme celle-ci, pour les 32 airs de vent, dont les quatre principaux nommés *vents cardinaux*, se croisent à angles droits; sçavoir, le *Nord* ou *Septentrion*, lequel se distingue par une Fleur-de-lis; le *Sud* ou *Midi*, qui lui est opposé; l'*Est* ou l'*Orient* à droite; & l'*Ouest* ou l'*Occident* à gauche, quand on regarde le Nord. Divisant ensuite chacun de ces espaces en deux parties égales, on a les huit Rumbs de vent, qui sont des lignes Hélisphériques ou Spirales, qui représentent les trente-deux vents sur la Boussole

ou sur les Cartes marines. Divisant encore chaque espace en deux, on a les huit demi-Rumbs ; & enfin subdivisant chacune de ces huit parties en deux, on a les seize quarts de vent. Les quatre Rumbs collatéraux empruntent leurs noms des quatre principaux vents, chacun prenant pour nom les deux noms de ceux qui leur sont plus proches ; ainsi le Rumb qui est au milieu entre le Nord & l'Est, s'appelle *Nord-Est* ; celui qui est entre le Sud & l'Est, se nomme *Sud-Est* ; celui qui est entre le Sud & l'Ouest, s'appelle *Sud-Ouest* ; & celui qui est entre le Nord & l'Ouest, se nomme *Nord-Ouest*.

Pareillement chacun des huit Demi-Rumbs de vent porte le nom des deux Rumbs qui lui sont les plus proches ; ainsi celui qui est entre le Nord & le Nord-Est, s'appelle *Nord-Nord-Est* ; celui qui est entre l'Est & le Nord-Est, se nomme *Est-Nord-Est* ; celui d'entre l'Est & le Sud-Est, s'appelle *Est-Sud-Est* ; & ainsi des autres.

Enfin chacun des quarts de vents a son nom composé des Rumbs ou demi-Rumbs qui lui sont les plus proches, en ajoûtant le mot de *Quart* après le nom du Rumb, qui lui est le plus proche. Par exemple, le Quart le plus proche du Nord du côté du Nord-Est, se nomme *Nord-Quart Nord-Est* ; celui qui est plus proche du Nord-Est vers le Nord, se nomme *Nord-Est Quart Nord*, & ainsi des autres, comme ils sont marqués en abrégé autour de la Rose.

Les noms des vents qui sont sur la Rose n'ont pas les mêmes noms sur toutes les Mers ; sur la Méditerranée Nord s'appelle *Tramontane* ; Nord-Est, *Greco* ; Est, *Levante* ; Sud-Est, *Siroco* ; Sud, *Ostro* ; Sud-Ouest, *Libecio* ; Ouest, *Ponente* ; Nord-Ouest, *Maestro*, & leurs subdivisions prennent les noms des voisins comme sur notre Rose.

Chaque Quart de Rumb contient 11 dégrés 15 minutes, les demi-Rumbs 22 dégrés 30 minutes, & les Rumbs entiers 45 dégrés.

L'intérieur de cette Rose, qui est supposé double, est pareillement divisé en 32 parties égales par autant de rayons, qui marquent les mêmes vents, & son milieu qui est collé sur un carton, a un mouvement libre sur son pivot, pour s'en servir lorsqu'on a reconnu la déclinaison ou la variation de l'Aiguille aimantée. On remarquera que l'extérieur de cette Rose se place sur le bord de la boëte.

La figure 2me représente une piéce d'acier en lozange qui sert d'Aiguille aimantée, & que l'on attache sous la Rose mobile avec deux petits clous. Fig. 2.
Il ne faut pas la coller, comme font quelques-uns, parce que cela cause une roüille qui est fort contraire à la vertu de l'aimant ; un des bouts du grand diamétre doit être précisément sous la Fleur-de-lis, & être touché par une bonne pierre d'aimant ; de sorte que ce bout-là se dirige vers le Nord du Monde. Nous avons expliqué la maniére de toucher les Aiguilles en parlant des pierres d'Aimant & de la Boussole.

On prétend que le carton qui est attaché sur la lozange s'affaisse quand une humidité continuelle se fait sentir, ce qui peut arreter le mouvement libre de la Rose. Pour éviter cet inconvénient, on pourra coller une feuille de talc ronde très-mince, à cause qu'il n'est pas si sujet à l'humidité que le carton, entre deux ronds de papier, dont celui de dessus sera la Rose, & à celui de dessous on attachera l'Aiguille. On pourroit aussi plier un fil d'acier ou évuider une plaque en figure circulaire, qui auroit deux pointes dia-

métralement opposées, & qui seroient posées comme l'aiguille en lozange. En ce cas le carton étant également soutenu par tout, l'humidité ne le pourra faire voiler. La figure 11me fera connoître ce qui vient d'être dit.

La petite piéce qui est au milieu du lozange à l'endroit marqué B, est ce qu'on appelle la *chape de l'aiguille*. Elle est faite de cuivre & creusée en forme de cône ; on l'applique au centre de la Rose, & on la fait tenir avec de la colle.

Fig. 3. La figure 3me représente la Boussole entiére. C'est une boëte ronde de bois d'environ 6 à 7 pouces de diamétre & 4 de profondeur ; on la fait quelquefois quarrée.

Il y a deux cercles de cuivre, dont le plus grand est attaché à la boëte par deux pivots, aux endroits marqués B.

L'autre cercle est attaché par deux autres pivots qui traversent lesdits cercles diamétralement aux endroits marqués C ; & ces deux pivots vont aboutir à deux trous qui sont percés au milieu & vers le haut d'une autre espéce de boëte, concave en dedans & convéxe en dehors, comme une calotte, & chargée de plomb au fond de ladite calotte, dans laquelle on met la rose. Il faut que cette boëte & les deux cercles ayent un mouvement fort libre, en sorte que la grande boëte marquée A, étant posée à plat, tel mouvement que fasse le vaisseau, la boëte intérieure soit toujours horisontale & en équilibre. Au milieu du fond de cette boëte est placé un pivot de cuivre bien droit & bien pointu, sur lequel on pose la chape qui porte la rose, laquelle doit avoir un mouvement très-libre, & l'aiguille étant frotée d'aimant, comme nous avons dit, la fleur-de-lis tendra vers le Nord, & tous les autres Rumbs de vent seront tournés vers les autres parties du monde. On pose un verre qui couvre la rose, afin que le vent ne l'agite point.

Il y a aussi dans chaque vaisseau une Boussole, qui sert à connoître la déclinaison ou variation de l'Aiguille aimantée. Elle est faite comme celle dont nous venons de parler ; mais le bord extérieur de la rose doit être divisé en 4 fois 90 dégrés, en commençant du Nord & du Sud à droit & à gauche. Il doit y avoir deux pinules mobiles autour de la boëte pour regarder les Astres, & on tend un fil d'une pinule à l'autre qui passe par dessus le centre de la rose, de sorte que quand on regarde un Astre par les deux pinules, le fil qui traverse la rose représente le rayon de l'Astre. Ces sortes de Boussoles s'appellent aussi *Compas de variation.*

XXIV. Planche. Fig. 2. Il se fait aussi de ces sortes de Compas, dont se servent les Pilotes ; c'est une boëte quarrée un peu plus haute qu'à l'ordinaire ; on y fait deux ouvertures vers le haut en forme de quarré long A A, & opposées diamétralement ; on attache une soie au haut d'une de ces fenêtres aux extrémités desquelles il y a des petits trous percés perpendiculairement ; ayant passé cette soie par les deux trous d'une de ces pinules, on la tend de maniére qu'elle passe sur le milieu du verre qui couvre la Boussole, & qu'elle puisse donner juste au milieu de la chape de la rose ; puis l'autre bout de la soie étant passé dans les deux petits trous de l'autre pinule, on l'arrête bien fixe ; les cercles de suspension sont à cette Boussole les mêmes qu'à la premiére que nous avons décrite, mais les pivots sont disposés comme on les voit en C C.

Description d'une Bouſſole qui ſe ſuſpend au plancher.

POur éviter l'embarras des cercles & des pivots de laiton, afin de tenir toujours la Bouſſole de niveau, on en fait qui ſe ſuſpendent au plancher de l'habitacle du vaiſſeau, dont la conſtruction eſt une boëte ronde ſuſpendue à ſon centre de gravité par le moyen d'une courroie de cuir ou une bande de laiton mince avec un anneau : cette boëte eſt renverſée & le verre eſt deſſous, de ſorte que le Pilote étant couché ou ſe promenant, voit les différens mouvemens du vaiſſeau par la ſituation de la roſe, qui eſt dans cette boëte ; cette roſe, au lieu d'être au-deſſus de la chape & de l'aiguille aimantée, eſt au deſſous. Il eſt à remarquer qu'il faut que cette roſe ſoit gravée de maniére que *Eſt* ſoit à gauche & *Oueſt* à droite, & les autres vents à proportion, afin qu'étant collés en deſſous, les vents ſoient dans leur ſituation naturelle. Il faut ajuſter le pivot qui porte la roſe dans une petite piéce de bois comme le moule d'un bouton, & le coller au milieu du verre qui couvre la Bouſſole, & que la roſe étant poſée ſur ce pivot, le verre ſoit arrêté bien juſte dans la rainure, *figure 3 de la planche* 24.

Il y a auſſi dans chaque vaiſſeau pluſieurs petites Bouſſoles qu'on nomme *Volans* ; ce ſont de petites roſes flottantes ſur leurs pivots, comme celle dont nous avons donné la deſcription ; ces Bouſſoles ſimples & légéres ſervent ſur les chaloupes. Fig. 4.

Uſage de la Bouſſole.

AYant reconnu ſur une Carte marine la route que doit tenir le vaiſſeau, pour aller au lieu propoſé, & la Bouſſole étant affermie dans la chambre du pilote, de maniére que les deux côtés paralléles de la boëte quarrée ſoient arrêtés ſelon la longueur du Navire, c'eſt-à-dire, parellélement à la ligne, qui s'étend de la poupe à la proue, on marquera d'une croix ou autre marque le milieu du côté de la boëte perpendiculaire à la longueur du vaiſſeau & le plus éloigné de la poupe, afin que par ce moyen on puiſſe diriger ſon gouvernail.

Suppoſons, par exemple, que nous partions de l'Iſle d'Oueſſant, ſur les confins de la Bretagne, à l'Occident de Breſt, & que nous voulions naviger vers le Cap de Finiſtere en Galice ; nous cherchons premiérement ſur une Carte marine réduite de la maniére que nous le dirons ci-après, quelle doit être la direction du Navire, & nous remarquons que la route ſe doit faire entre le Sud-Oueſt & le Sud Sud-oueſt, c'eſt-à-dire, ſelon la ligne qui tend du Sud-oueſt Quart au Sud. C'eſt pourquoi ayant le vent propre on tournera le gouvernail du Navire exactement à la croix marquée ſur le bord du cadre de la Bouſſole ; & ce qui eſt admirable, c'eſt que par ce moyen il ſera facile de diriger la route du vaiſſeau de nuit comme de jour ; dans une chambre fermée, comme ſi on étoit à l'air ; dans un tems obſcur ou ſerein ; de ſorte que l'on pourra toujours reconnoître ſi le Navire s'écarte de la route qu'il doit tenir.

De la variation ou déclinaiſon de l'Aimant.

L'Expérience nous a fait connoître que l'Aiguille aimantée décline du vrai Septentrion, c'eſt-à-dire, que la Fleur-de-lis ne tend pas exactement au Nord du monde, mais qu'elle s'en écarte quelquefois vers l'Orient,

d'autrefois vers l'Occident, plus ou moins selon les tems & les lieux différens.

Environ l'an 1665, elle n'avoit aucune déclinaison à Paris, au lieu qu'en la présente année 1751, sa déclinaison y est de 17 dégrés 10 minutes Nord-Ouest. C'est pourquoi il faut tâcher d'observer avec soin la déclinaison de l'Aiguille aimantée toutes les fois qu'on en trouve l'occasion favorable, afin d'y avoir égard dans la conduite de la navigation.

Car si la déclinaison de l'Aiguille aimantée étoit, par exemple, de 10 dég. du Nord à l'Ouest dans l'Isle d'Ouessant, que nous avons supposé le lieu du depart du Navire, & que l'on suivît exactement la ligne du Sud-ouest Quart au Sud, au lieu d'aller au Cap de Finistere, on iroit vers une autre contrée plus orientale de 10 dégrés.

Pour y remédier, il n'y a qu'à changer de place sur le cadre de la Boussole la croix qui marque le Rumb de direction, & la reculer vers Est d'autant de dégrés qu'est la déclinaison de l'Aiguille vers Ouest; & ainsi toutes les fois qu'on aura reconnu une nouvelle déclinaison de l'Aimant, il faudra changer le lieu de ladite croix. Quand la boëte est toute ronde, on fait une marque à son corps, vis-à-vis du Nord & du Sud.

Si pareillement un vaisseau part des Sorlingues en Angleterre, pour aller à l'Isle de Madére, nous trouverons sur la Carte marine que la route se doit faire au Sud-sud-ouest; mais si dans ce tems la déclinaison de l'Aiguille aimantée est de 6 dégrés du Nord à l'Est, il faudra reculer d'autant de dégrés vers l'Occident la croix marquée sur le bord de la Boussole, afin de diriger la route du vaisseau en appliquant sur ladite croix le Rumb de la navigation trouvé sur la Carte.

Mais si l'on se sert d'une Boussole dont on puisse changer la position de l'Aiguille aimantée, comme celle à double rose, il faudra arrêter la Fleur-de-lis de la rose des vents, de maniére que sa pointe marque le vrai Nord, & avoir soin de la changer toutes les fois que l'on trouvera du changement à la déclinaison de l'aimant; en ce cas il ne faudra point changer de place la croix qui marque sur le bord de la Boussole le Rumb de direction du vaisseau.

Il est très-nécessaire, principalement dans les voyages de long cours, que les Pilotes fassent souvent des observations célestes, afin d'avoir exactement la déclinaison de l'Aiguille aimantée, non seulement pour bien diriger la route du vaisseau, mais principalement pour sçavoir où l'on est, après avoir essuyé quelque rude tempête, pendant laquelle on aura été contraint de négliger la véritable route, en se laissant entraîner aux vents & aux courans qui auront obligé de dériver.

Trouver la variation de l'Aiguille aimantée.

Il y a plusieurs moyens de reconnoître la déclinaison de l'aimant, comme par le lever & le coucher d'un même Astre, ou par l'observation de deux hauteurs égales de l'Astre sur l'Horison, parce qu'en ces deux tems il sera également éloigné de la vraie Méridienne du monde, ou bien par son passage au Méridien.

Mais tous ces moyens sont peu usités sur mer, premiérement parce que ne pouvant sçavoir assez précisement le tems que le Soleil ou un autre Astre

passe par le Méridien, on est obligé d'employer beaucoup de tems pour découvrir par plusieurs observations, quelle est la plus grande hauteur du Soleil, c'est-à-dire, sa hauteur méridienne.

Secondement, parce que le Soleil peut considérablement changer de déclinaison, & le Navire de latitude entre deux observations de ses hauteurs égales sur l'Horison, ou entre son lever & son coucher.

On peut trouver la variation de l'Aiguille aimantée plus promtement par une seule observation des amplitudes des Astres. Mais il en faut connoitre la déclinaison, ainsi que la latitude du lieu où l'on est. Nous donnons à la fin de ce Chapitre des Tables des déclinaisons du Soleil & des principales Etoiles de l'un & l'autre Hémisphere, le tout calculé pour le premier Méridien, c'est-à-dire, celui de l'Isle de Fer, laquelle est la plus occidentale des Canaries, avec la maniére de s'en servir pour les tems & les lieux dont on aura besoin; nous y joignons une Table des Amplitudes ortives & occases pour toutes les élévations de Pôle jusqu'au 66 dégré & demi, qu'on pourra continuer jusqu'au 90 dégré par les préceptes qui y sont joints.

L'*Amplitude orientale* d'un Astre est l'arc de l'Horison compris entre le point où il se leve & le vrai Est; & l'*Amplitude occidentale* est l'arc de l'Horison compris entre le point où il se couche & le vrai Ouest.

Les Astres, dont la déclinaison est septentrionale, ont aussi leur Amplitude septentrionale, & ceux qui l'ont méridionale ont leur Amplitude du même côté. Plus les Astres ont de déclinaison, & plus ils ont d'amplitude; les obliquités de la Sphére augmentent aussi les Amplitude des Astres; car dans la Sphére droite les Amplitudes des Astres sont précisement égales à leurs déclinaisons, & dans la Sphére oblique elles sont plus grandes.

On aura par chaque observation une autre Amplitude de l'Astre, que l'on peut nommer l'*Amplitude observée*, qui est la distance de l'Est de la Boussole, jusqu'au point de l'Horison où l'Astre se leve, ou la distance de l'Ouest de la Boussole, jusqu'au point où il se couche.

Cette Amplitude s'observe en regardant par les ouvertures ou par les pinules du Compas de variation le lever ou le coucher de l'Astre; & comme le fil qui traverse & passe par le centre de l'Instrument, représente le rayon de l'Astre, les dégrés de la rose compris depuis ce fil jusqu'à l'Est ou l'Ouest du Compas ou Boussole, marquent les dégrés de l'Amplitude observée; ensuite comparant l'Amplitude de la Table calculée avec l'Amplitude observée, on connoîtra la variation de l'Aiguille, si elle en a, de la maniére que nous allons l'expliquer.

Supposons un Voyageur en pleine mer le 15 Mai 1725 à 45 dégrés de latitude septentrionale. Par la Table calculée il a vû que la déclinaison septentrionale du Soleil étoit de 19 dégrés & son amplitude orientale de 27 dégrés 25 minutes. Il a observé avec les pinules du Compas de variation cet Astre à son lever, & l'a trouvé entre le 62 & le 63me dégré compté du Nord au Sud de la rose, c'est-à-dire, entre le 27 & le 28me dégré compté de l'Est; & comme en ce cas l'Amplitude observée est égale à l'Amplitude calculée, il a dû conclure qu'en cet endroit & en ce tems-là l'Aiguille n'avoit point de déclinaison.

Mais si le Soleil a paru se lever entre le 52 & 53me dégré compté du Nord à l'Est, son amplitude observée aura dû étre de 37 à 38 dégrés, c'est-à-dire, de 10 dégrés plus grande que celle de la Table calculée, par

où l'on connoît que l'Aiguille aimantée décline du Nord à l'Est de 10 dég.

Si au contraire l'Amplitude orientale observée étoit moindre que la calculée, leur différence marqueroit la déclinaison de l'Aiguille du Nord à l'Ouest. Car si l'amplitude observée est plus grande que la vraie, cela vient de ce que l'Est de la Boussole se reculant du Soleil vers le Sud, la Fleur-de-lis de la rose s'approche de l'Est, & donne la variation Nord-est. La raison pour le contraire est également évidente.

Si l'Amplitude orientale calculée, est du côté du Sud, aussi bien que l'Amplitude observée, & que celle-ci soit la plus grande, la déclinaison de l'Aiguille sera Nord-ouest. Si au contraire elle est plus petite, la déclinaison sera Nord-est d'autant de dégrés que sera leur difference.

Ce que nous avons dit des Amplitudes orientales Nord, se doit entendre des Amplitudes occidentales-Sud; & ce que nous avons dit des Amplitudes orientales-Sud, se doit entendre des Amplitudes occidentales-Nord.

Enfin si les Amplitudes se trouvent de différente dénomination, par exemple, aux Amplitudes orientales, si l'Amplitude calculée est de 6 dégrés-Nord, & que l'observée soit de 5 dégrés-Sud, c'est une marque que la variation, qui dans ce cas est N O, se trouve plus grande que la vraie Amplitude, étant égale à la somme vraie & observée des deux Amplitudes; c'est pourquoi les ajoûtant ensemble, on aura 11 dégrés de variation N O. Il en seroit de même pour les Amplitudes occidentales.

On peut encore trouver la variation de l'Aiguille aimantée à toute heure par l'azimut d'un Astre, ayant sa hauteur & sa déclinaison avec la latitude du lieu, comme nous l'avons expliqué dans les usages 26 & 27 du Livre qui a pour titre l'*Usage des Astrolabes*.

Ayant expliqué dans notre Traité de l'*Usage des Globes*, (*Livre 1er sections 5 & suivantes*) tout ce qui appartient à la connoissance des déclinaisons du Soleil & des Astres, leurs ascensions droites & obliques, leurs parallaxes & leurs réfractions, il ne nous reste plus pour ce qui regarde la navigation, que de donner des Tables calculées de toutes ces choses, dont l'application est d'une si grande nécessité tant pour connoître la variation de l'Aiguille aimantée, & par conséquent la Méridienne, la hauteur du Pôle & la latitude, que pour sçavoir la véritable hauteur des Astres, dont nous parlerons au chapitre suivant. On se souviendra seulement que la déclinaison d'un Astre est sa distance depuis l'Equateur vers le Pôle; si elle est vers le Nord, on l'appelle septentrionale; si c'est vers le midi, elle est méridionale: Elle se compte sur un Méridien, qui passe par le Pôle & le centre de l'Astre, & coupe l'Equateur à angles droits.

Un Astre qui ne changeroit point de situation en longitude, auroit toujours la même déclinaison, c'est pourquoi le Soleil qui en change tous les jours, (parce qu'il s'éloigne tous les jours du point *Aries* de l'Ecliptique ou Equinoxe de Printems) change aussi tous les jours de déclinaison. Et d'ailleurs comme il s'en faut de 6 heures ou environ qu'il revienne après 365 jours au premier point d'*Aries* à même jour, puisqu'il faut ajoûter un jour après quatre ans, de sorte que cette année est de 366 jours; il faut avoir des Tables pour quatre ans, afin de s'en servir depuis une année Bissextile jusqu'à l'autre, & de recommencer ensuite dans le même ordre; avec cette différence que dans les années séculaires, comme en 1800, il faudra se servir d'une Table particuliére pour cette année qui est trop éloignée.

TABLE

Table de la déclinaiſon du Soleil pour les années biſſextiles 1724, 1728, 1732 & autres, calculée pour le premier Méridien paſſant par l'Iſle de Fer, pour chaque jour à midi.

Jours.	Janvier D.	M.	Février D.	M.	Mars D.	M.	Avril D.	M.	Mai D.	M.	Juin D.	M.	Juillet D.	M.	Août D.	M.	Sept. D.	M.	Octob. D.	M.	Nove. D.	M.	Décem. D.	M.
1	23 Mérid.	5	17 Mérid.	15	7 Mérid.	25	4 Septen.	43	15 Septen.	12	22 Septen.	7	23 Septen.	8	17 Septen.	59	8 Septen.	11	3 Mérid.	10	14 Mérid.	36	21 Mérid.	55
2	23	0	16	58	7	2	5	6	15	30	22	15	23	3	17	43	7	49	3	44	14	55	22	4
3	22	54	16	40	6	39	5	29	15	47	22	22	22	58	17	27	7	27	4	7	15	14	22	12
4	22	47	16	22	6	16	5	52	16	4	22	29	22	53	17	12	7	5	4	30	15	33	22	20
5	22	41	16	4	5	53	6	14	16	21	22	36	22	47	16	56	6	43	4	53	15	51	22	28
6	22	35	15	46	5	29	6	37	16	38	22	43	22	41	16	40	6	20	5	16	16	9	22	35
7	22	27	15	28	5	6	7	0	16	54	22	49	22	36	16	23	5	58	5	39	16	27	22	42
8	22	19	15	9	4	43	7	22	17	10	22	54	22	30	16	6	5	35	6	2	16	45	22	48
9	22	11	14	50	4	19	7	44	17	26	22	59	22	23	15	48	5	12	6	25	17	2	22	54
10	22	4	14	32	3	56	8	6	17	43	23	4	22	15	15	31	4	50	6	47	17	19	23	0
11	21	54	14	12	3	32	8	28	17	58	23	8	22	7	15	13	4	27	7	10	17	35	23	5
12	21	44	13	52	3	8	8	50	13	23	23	12	21	58	14	55	4	4	7	33	17	51	23	9
13	21	34	13	32	2	45	9	11	18	28	23	15	21	49	14	37	3	41	7	56	18	7	23	13
14	21	24	13	11	2	21	9	33	18	43	23	18	21	40	14	18	3	18	8	18	18	23	23	17
15	21	13	12	51	1	57	9	54	18	57	23	21	21	30	14	0	2	55	8	40	18	38	23	20
16	21	3	12	30	1	34	10	15	19	11	23	23	21	20	13	41	2	32	9	2	18	53	23	23
17	20	51	12	9	1	10	10	37	19	25	23	25	21	10	13	21	2	8	9	24	19	9	23	25
18	20	39	11	48	0	46	10	58	19	38	23	27	21	0	13	1	1	45	9	46	19	23	23	27
19	20	27	11	27	0 ♈ Septen.	23	11	19	16	51	23	28	20	5[illegible]	12	41	1	22	10	8	19	37	23	28
20	20	15	11	6	0	1	11	40	20	4	23 ♋	29	20	39	12	22	0	58	10	30	19	50	23 ♑	29
21	20	2	10	45	0	25	12	0	20	16	23	29	20	28	12	2	0	34	10	52	20	3	23	29
22	19	45	10	23	0	49	12	0	20	28	23	29	20	16	11	42	0 ♎ Mérid.	10	11	13	20	16	23	29
23	19	34	10	1	1	12	12	40	20	40	23	28	20	4	11	22	0	14	11	34	20	28	23	28
24	19	20	9	36	1	36	13	0	20	51	23	27	19	51	11	1	0	37	11	55	20	40	23	27
25	19	5	9	16	2	0	13	20	21	2	23	25	19	38	10	40	1	1	12	16	20	52	23	25
26	18	50	8	54	2	23	13	39	21	12	23	23	19	25	10	19	1	24	12	36	21	3	23	23
27	18	35	8	31	2	46	13	58	21	22	23	21	19	11	9	58	1	47	12	56	21	15	23	21
28	18	19	8	9	3	0	14	17	21	32	23	18	18	17	9	37	2	11	13	16	21	26	23	18
29	18	4	7	47	3	33	14	36	21	41	23	15	18	43	9	16	2	34	13	36	21	36	23	15
30	17	4[illegible]	0	0	3	56	14	54	21	50	23	12	18	29	8	54	2	57	13	56	21	46	23	11
31	17	3[illegible]	0	0	4	19	0	0	21	58	0	0	18	14	8	32	0	0	14	16	0	0	23	7

Réduction des Tables pour tout autre Méridien.

POur ſe ſervir de ces Tables ſous tout autre Méridien que celui de l'Iſle de Fer, il faut convertir les heures devant ou après midi de la Régle ci-deſſus en dégrés de longitude, de ſorte que ſi le lieu eſt plus oriental de 15 dégrés, il faudra opérer comme ſi l'on demandoit la déclinaiſon du Soleil à 11 heures du matin ſous l'Iſle de Fer; & ſi le lieu eſt plus occidental de 15 dégrés, il faudra opérer comme ſi l'on demandoit cette déclinaiſon ſous le Méridien de la ſuſdite Iſle à 1 heure après midi. Chaque dégré plus oriental avance de 4 minutes de tems, comme chaque dégré plus occidental retarde de 4 minutes de tems. Ainſi étant, par exemple, 20 dégrés plus vers l'Orient que l'Iſle

Seconde Table de la déclinaison du Soleil pour les années communes 1725 & 1729, &c. premiéres après les années bissextiles.

Jours	Janvier		Fevrier		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septem		Octob.		Nov.		Decem	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	23	1	17	2	7	30	4	37	15	8	22	6	23	9	18	3	8	17	3	15	14	31	21	53
2	22 Mérid.	55	16 Mérid.	44	7 Mérid.	7	5 Septen.	0	15 Septen.	26	22 Septen.	14	23 Septen.	4	17 Septen.	48	7 Septen.	55	3 Mérid.	38	14 Mérid.	50	22 Mérid.	2
3	22	49	16	26	6	44	5	23	15	43	22	21	22	59	17	32	7	33	4	2	15	9	22	10
4	22	43	16	8	6	21	5	46	16	0	22	28	22	54	17	16	7	11	4	25	15	28	22	18
5	22	37	15	50	5	58	6	8	16	17	22	35	22	49	17	0	6	49	4	47	15	46	22	26
6	22	30	15	32	5	34	6	31	16	34	22	41	22	43	16	43	6	26	5	10	16	4	22	34
7	22	24	15	14	5	11	6	54	16	51	22	47	22	37	16	26	5	4	5	33	16	22	22	41
8	22	16	14	55	4	48	7	17	17	8	22	53	22	31	16	9	5	42	5	56	16	39	22	48
9	22	7	14	36	4	25	7	39	17	24	22	58	22	24	15	52	5	19	6	19	16	57	22	54
10	21	57	14	17	4	1	8	1	17	40	23	3	22	17	15	35	4	56	6	42	17	15	22	59
11	21	47	13	57	3	37	8	23	17	56	23	7	22	9	15	17	4	33	7	4	17	32	23	4
12	21	37	13	37	3	14	8	45	18	11	23	11	22	1	14	59	4	10	7	27	17	48	23	9
13	21	27	13	17	2	50	9	7	18	26	23	14	21	52	14	4	3	47	7	49	18	4	23	14
14	21	16	12	57	2	27	9	28	18	41	23	17	21	43	14	22	3	24	8	12	18	20	23	18
15	21	5	12	36	2	3	9	49	18	55	23	20	21	34	14	4	3	1	8	34	18	35	23	22
16	20	53	12	15	1	40	10	11	19	9	23	22	21	25	13	45	2	38	8	57	18	50	23	24
17	20	41	11	54	1	16	10	32	19	23	23	25	21	15	13	26	2	14	9	19	19	5	23	26
18	20	29	11	33	0	52	10	53	19	37	23	27	21	4	13	7	1	51	9	41	19	19	23	27
19	20	17	11	12	0	28	11	14	19	50	23	28	20	53	12	47	1	28	10	3	19	33	23	28
20	20	5	10	50	0 ♈	4	11	35	20	2	23	29	20	42	12	27	1	4	10	25	19	47	23	29
21	19	52	10	28	0	19	11	55	20	14	23 ♋	29	20	30	12	7	0	40	10	46	20	0	23 ♑	29
22	19	38	10	6	0	43	12	15	20	26	23	29	20	18	11	47	0	17	11	8	20	13	23	29
23	19	24	9	44	1 Septen.	7	12	35	20	37	23	21	20	6	11	26	0 ♎	7	11	29	20	25	23	28
24	19	9	9	22	1	30	12	55	20	48	23	27	19	54	11	6	0	31	11	50	20	37	23	27
25	18	54	9	0	1	54	13	15	20	59	23	26	19	42	10	46	0	55	12	10	20	49	23	26
26	18	39	8	38	2	17	13	34	21	9	23	24	19	29	10	25	1 Mérid.	18	12	31	21	1	23	24
27	18	23	8	15	2	41	13	35	21	19	13	21	19	16	10	4	1	42	12	51	21	12	23	22
28	18	7	7	53	3	4	14	12	21	29	23	20	19	2	9	43	2	5	13	11	21	23	23	19
29	17	51	0	0	3	27	14	31	21	38	23	17	18	48	9	22	2	28	13	31	21	34	23	16
30	17	36	0	0	3	50	14	50	21	48	23	14	18	33	9	0	2	52	13	51	21	44	23	12
31	17	19	0	0	4	14	0	0	21	57	0	0	18	18	8	39	0	0	14	11	0	0	23	7

de Fer, ou sous le Méridien de Paris, on demande la déclinaison du Soleil à midi le 25 Mars 1726; & l'on trouve dans la Table pour l'Isle de Fer à midi.

La déclinaison de l'Isle de Fer à midi le 25 Mars 1726, 1 dég. 48 min.
La déclinaison audit lieu à midi le 24 Mars 1726, 1 dég. 25 min.
} Différence 23 min. en 24 h. ou 360 d. en augmentant.

Ensuite faites une Régle de trois, en multipliant 23 minutes de tems par 20 dégrés, & divisant le produit par 360 dégrés (pour 24 heures de tems) il viendra au quotient une minute & un peu plus, qu'il faut ajoûter à 1 dégré 48 minutes; alors on aura 1 dégré 49 minutes par la déclinaison du Soleil à midi sous le Méridien de Paris le 25 Mars

Troisiéme Table de la déclinaison du Soleil pour les années communes 1726 & 1730, &c. secondes après les années bissextiles.

Jours	Janvier D.	Janvier M.	Février D.	Février M.	Mars D.	Mars M.	Avril D.	Avril M.	Mai D.	Mai M.	Juin D.	Juin M.	Juillet D.	Juillet M.	Aout D.	Aout M.	Sept. D.	Sept. M.	Octob. D.	Octob. M.	Nove. D.	Nove. M.	Decem. D.	Decem. M.
	Mérid.		Mérid.		Mérid.		Septen.		Septen.		Septen.		Septen.		Septen.		Septen.		Mérid.		Mérid.		Mérid.	
1	23	2	17	7	7	35	4	32	15	3	22	4	23	10	18	7	8	22	3	9	14	27	21	51
2	22	57	16	49	7	13	4	55	15	21	22	12	23	5	17	52	8	0	3	32	14	46	21	59
3	22	51	16	31	6	59	5	18	15	39	22	20	23	0	17	36	7	38	3	55	15	5	22	8
4	22	45	16	13	6	27	5	41	15	56	22	27	22	55	17	20	7	16	4	18	15	24	22	16
5	22	38	15	55	6	4	6	4	16	13	22	34	22	51	17	4	6	54	4	41	15	42	22	24
6	22	31	15	37	5	40	6	26	16	30	22	40	22	46	16	47	6	32	5	4	16	0	22	31
7	22	24	15	19	5	17	6	49	16	47	22	46	22	40	16	30	6	9	5	27	16	18	22	38
8	22	16	15	0	4	54	7	11	17	4	22	52	22	33	16	13	5	46	5	50	16	36	22	45
9	22	8	14	41	4	30	7	33	17	20	22	57	22	26	15	56	5	24	6	14	16	53	22	51
10	21	59	14	22	4	7	7	55	17	36	23	2	22	19	15	39	5	1	6	37	17	11	22	57
11	21	50	14	2	3	43	8	17	17	51	23	6	22	11	15	21	4	38	7	0	17	28	23	2
12	21	40	13	42	3	19	8	38	18	6	23	10	22	3	15	3	4	15	7	22	17	44	23	7
13	21	30	13	22	2	56	9	0	18	21	23	14	21	55	14	45	3	52	7	45	18	0	23	13
14	21	19	13	2	2	32	9	22	18	36	23	17	21	46	14	27	3	29	8	7	18	16	23	17
15	21	8	12	41	2	9	9	44	18	50	23	20	21	37	14	9	3	6	8	29	18	31	23	20
16	20	57	12	20	1	45	10	5	19	4	23	22	21	28	13	50	2	43	8	51	18	46	23	22
17	20	45	11	59	1	21	10	27	19	18	23	24	21	18	13	31	2	19	9	14	19	1	23	24
18	20	33	11	38	0	57	10	48	19	32	13	26	21	7	13	11	1	56	9	36	19	16	23	26
19	20	21	11	17	0	34	11	9	19	45	23	27	20	56	12	52	1	32	9	58	19	30	23	27
20	20	9	10	55	0	10	11	30	19	58	23	28	20	45	12	32	1	9	10	20	19	44	23	28
21	19	56	10	33	0 ♈	14	11	50	20	10	23	29	20	33	12	12	0	45	10	41	19	57	23	29
22	19	42	10	11	0 Septen.	38	12	10	20	22	23 ♋	29	20	21	11	52	0	22	11	3	20	10	23 ♑	29
23	19	28	9	49	1	1	12	30	20	34	23	29	20	9	11	31	0 ♎	2	11	24	20	22	23	29
24	19	13	9	27	1	25	12	50	20	45	23	28	19	57	11	11	0	25	11	45	20	34	23	28
25	18	58	9	5	1	48	13	10	20	56	23	27	19	45	10	51	0 Mérid.	49	12	6	20	46	23	27
26	18	43	8	43	2	12	13	30	21	7	23	25	19	32	10	30	1	12	12	27	20	58	23	25
27	18	28	8	20	2	35	13	49	21	18	23	23	19	19	10	9	1	36	12	47	21	10	23	23
28	18	12	7	58	3	59	14	8	21	28	23	21	19	5	9	47	1	59	13	8	21	21	23	20
29	17	56	0	0	3	22	14	27	21	38	23	18	18	51	9	26	2	22	13	28	21	32	23	17
30	17	40	0	0	3	46	14	45	21	47	23	14	18	37	9	5	2	45	13	48	21	42	23	13
31	17	24	0	0	4	5	0	0	21	56	0	0	18	22	8	44	0	0	14	8	0	0	23	5

1726. Observez qu'on a converti les 24 heures de tems en 360 dégrés, parce qu'il s'agissoit d'opérer par une différence de dégré de longitude, & non par une différence d'heure.

Usage des Tables ci-dessus.

Il faut sçavoir si l'année pour laquelle on cherche la déclinaison du Soleil un certain jour à midi est bissextile, ou si elle est la premiére, seconde, ou troisiéme après la bissextile; alors on cherchera dans celle des quatre Tables celle qui convient, & le jour dont il s'agit dans la colonne du mois, vis-à-vis le jour proposé, on lira la déclinaison du Soleil qui sera méridionale si le Soleil est dans les signes méridionaux ou septentrio-

Quatriéme Table de la déclinaison du Soleil, pour les années communes 1727 & 1731, &c. troisiémes après les années bissextiles, calculée comme celles ci-dessus pour le Méridien de l'Isle de Fer & à midi de chacun jour.

Jours	Janvier		Fevrier		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septem		Octob.		Nove.		Décem	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
	Mérid.		Mérid.		Mérid.		Septen.		Septen.		Septen.		Septen.		Septen.		Septen.		Mérid.		Mérid.		Mérid.	
1	23	4	17	11	7	41	4	25	14	59	22	1	23	11	18	10	8	28	3	3	14	22	21	49
2	22	58	16	54	7	18	4	49	15	17	22	9	23	7	17	55	8	6	3	26	14	42	21	58
3	22	52	16	36	6	55	5	12	15	35	22	17	23	2	17	40	7	44	3	49	15	1	22	7
4	22	46	16	18	6	32	5	35	15	52	22	25	22	58	17	25	7	22	4	12	15	20	22	15
5	22	49	16	0	6	9	5	58	16	9	22	32	22	53	17	9	6	59	4	35	15	38	22	13
6	22	33	15	41	5	46	6	21	16	26	22	39	22	47	16	52	6	37	4	59	15	56	22	30
7	22	26	15	23	5	23	6	43	16	43	22	45	22	41	16	35	6	15	5	22	16	14	22	37
8	22	18	15	4	4	59	7	6	17	0	22	51	22	35	16	18	5	52	5	45	16	32	22	44
9	22	19	14	46	4	36	7	28	17	16	22	56	22	28	16	1	5	30	6	8	16	50	22	50
10	22	1	14	27	4	12	7	50	17	32	23	1	22	21	15	44	5	7	6	31	17	7	22	56
11	21	52	14	7	3	49	8	12	17	47	23	5	22	14	15	26	4	44	6	53	17	23	23	1
12	21	43	13	47	3	25	8	34	18	2	23	9	22	6	15	8	4	21	7	16	17	39	23	6
13	21	33	13	27	3	2	8	56	18	17	23	13	21	58	14	50	3	58	7	39	17	55	23	11
14	21	22	13	7	2	38	9	18	18	32	23	16	21	49	14	32	3	35	8	1	18	11	23	15
15	21	11	12	46	2	15	9	39	18	46	23	19	21	40	14	13	3	12	8	24	18	27	23	19
16	21	0	12	25	1	51	10	0	19	0	23	22	21	30	13	56	2	48	8	46	18	42	23	22
17	20	49	12	4	1	27	10	21	19	14	23	24	21	20	13	36	2	25	9	9	18	57	23	24
18	20	37	11	43	1	4	10	43	19	28	23	26	21	10	13	17	2	2	9	31	19	12	23	26
19	20	25	11	22	0	40	11	4	19	42	23	27	20	59	12	57	1	39	9	53	19	27	23	27
20	20	12	11	1	0	16	11	25	29	55	23	28	20	48	12	37	1	15	10	15	19	41	23	28
21	19	58	10	39	0 ♈	8	11	45	20	7	23	29	20	36	12	17	0	52	10	37	19	54	23	29
22	19	44	10	17	0 Septen.	32	12	5	20	19	23 ♋	29	20	24	11	56	0	29	10	58	20	7	23 ♑	29
23	19	30	9	55	0	55	12	25	20	30	23	2	20	12	11	36	0 ♎	5	11	19	20	19	23	29
24	19	16	9	33	1	19	12	45	20	42	23	28	20	0	11	16	0	19	11	40	20	31	23	28
25	19	2	9	10	1	42	13	5	20	53	23	27	19	48	10	56	0 Mérid.	43	12	1	20	43	23	27
26	18	47	8	48	2	6	13	24	21	4	23	25	19	35	10	35	1	6	12	22	20	55	23	25
27	18	32	8	26	2	29	13	43	21	15	23	23	19	22	10	14	1	30	12	42	21	7	23	23
28	18	16	8	3	2	53	14	2	21	25	23	21	19	8	9	53	1	53	13	2	21	18	23	20
29	18	0	0	0	3	16	14	21	21	35	23	18	18	54	9	32	2	17	13	22	21	29	23	17
30	17	44	0	0	3	[illegible]	14	40	21	44	23	15	18	[illegible]	9	11	2	40	13	42	21	39	23	13
31	17	28	0	0	4	2	0	0	21	53	0	0	18	25	8	49	0	0	14	2	0	0	23	[illegible]

nale s'il est dans les septentrionaux, comme il est écrit au haut de chaque colonne. Ceci n'a pas besoin d'exemple ; mais s'il s'agit d'avoir la déclinaison du Soleil à une autre heure qu'à midi, il faudra suivre les principes que nous posons.

Il faut sçavoir si la déclinaison du Soleil va en augmentant ; ce qui arrive depuis les Equinoxes jusqu'aux Solstices, & en diminuant, depuis les Solstices jusqu'aux Equinoxes ; si la déclinaison va en augmentant, elle sera plus grande après midi qu'elle n'est marquée par la Table, & devant midi moindre, à proportion qu'il y aura plus ou moins d'heures avant ou après midi. On trouvera cette proportion en faisant la régle de Trois, dont les termes sont ainsi. 24 heures.... la différence de la déclinaison depuis le midi passé jusqu'à celui avant lequel on cherche la déclinaison...., & les heures devant ce midi,

Par exemple, le 18 Mai 1726 sous le Méridien de l'Isle de Fer, pour lequel les Tables sont calculées, on demande la déclinaison du Soleil à 8 heures du soir :

La déclinaison du 18 Mai 1726 à midi 19 dégrés 32 min. } La différence est de 13 m.
La déclinaison du 19 Mai 1726 à midi 19 dégrés 45 min. } en 24 h. en augmentant.

En sorte que si dans 24 heures il y a 13 minutes de différence, combien y en aura-t-il en 8 heures ? Multipliez donc 13 par 8, & divisez le produit par 24 heures, il viendra 4 minutes & un peu plus d'augmentation à ajoûter à la déclinaison de midi du 18 Mai 1726, laquelle étant de 19 dégrés 32 minutes, la somme sera 19 dégrés 36 minutes de déclinaison du Soleil le 18 Mai 1726 à 8 heures du soir.

Comme les déclinaisons des Etoiles servent aussi bien que celles du Soleil, dans la navigation, & qu'on fait les mêmes opérations par les unes que par les autres, nous joignons ici une Table des principales Etoiles de l'un & l'autre Hémisphére.

Table des principales Etoiles dont la déclinaison est du côté du Nord, calculée pour l'année 1700.

	Latitude.			*Longitud.*			*Ascension droite.*		*Declin.*		*Differ. en 100 ans.*	
	D.	M.		D.	M.		D.	M.	D.	M.	M.	
L'Etoile du Nord au bout de la queue de la petite Ourse.	66.	2	N	24.	28	♊	8.	22	87.	44	34.	aj
La Claire des gardes dans l'épaule de la petite Ourse.	72.	51	N	8.	41	♌	223.	7	75.	34	3.	ot
Le bout de la queue de la grande Ourse, ou le premier Cheval du grand Chariot.	54.	25	N	22.	37	♍	203.	56	50.	51	31.	ot
Celle du quarré la plus au Nord vers le col de la grande Ourse.	49.	40	N	10.	59	♌	161.	8	63.	22	32.	ot
La poitrine de Cassiopée.	46.	56	N	3.	43	♉	5.	54	54.	52	34.	ot
La tête d'Androméde.	25.	42	N	10.	12	♈	258.	15	27.	28	34.	aj
Le pied sud d'Androméde.	27.	47	N	10.	4	♉	26.	17	40.	53	30.	aj
La Claire au côté de Persée.	30.	5	N	27.	42	♉	40.	39	48.	23	21.	ot
Capella dans la chévre du chartier *Erictonius*.	22.	50	N	17.	41	♊	73.	42	45.	38	10.	aj
Le bout de l'aile de Pégase.	12.	35	N	5.	3	♈	359.	29	13.	32	34.	aj
Le front d'*Aries*.	9.	57	N	3.	32	♉	27.	40	22.	3	30.	aj
La machoire de la Baleine.	12.	37	S	10.	12	♉	41.	44	2.	56	25.	aj
L'œil du *Taureau* Aldebaran.	5.	31	S	5.	38	♊	64.	4	15.	53	15.	aj
La tête la plus au Nord des *Gemeaux*.	10.	2	N	16.	6	♋	108.	45	32.	27	11.	ot
Le petit Chien, Procion.	15.	57	S	21.	44	♋	110.	56	5.	59	12.	ot
Le cœur du Lion, *Regulus*.	0.	26	N	25.	42	♌	148.	4	13.	24	29.	ot
Le bout de la queue du Lion.	12.	18	N	17.	22	♍	173.	29	16.	13	34.	ot
Le bas de la robe de *Bootes*, *Arturus*.	31.	2	N	20.	5	♎	210.	33	20.	48	30.	ot
La Claire de la couronne du Nord.	44.	23	N	8.	3	♍	231.	14	27.	46	21.	ot
La Claire en la Lire.	61.	47	N	11.	8	♑	276.	41	38.	32	4.	aj
La queue du Signe.	59.	56	N	1.	18	♑	307.	52	44.	14	20.	aj
La Claire de l'Aigle.	29.	21	N	27.	34	♑	294.	6	8.	6	13.	aj

Table des principales Etoiles dont la déclinaison est du côté du Sud, calculée aussi pour l'année 1700.

	Latitude.			Longitud.			Ascension droite.		Déclin.		Différ. en 100 ans.	
	D.	M.		D.	M.		D.	M.	D.	M.	M.	
Le milieu des trois Rois dans la ceinture d'Orion.	24.	33	S	19.	19	♊	80.	0	1.	25	6.	ot
Le pied d'Orion, appellé *Rigel.*	31.	11	S	12.	42	♊	74.	52	8.	33	10.	ot
Fomahan du Verseau.	21.	0	S	29.	34	♒	340.	6	31.	7	30.	ot
La Claire de la première corne de *Caper.*	7.	2	N	29.	45	♑	0.	17	13.	23	16.	ot
La claire de la queue de la Baleine.	20.	47	S	28.	21	♓	7.	10	19.	37	34.	ot
Le grand Chien, *Sirius.*	39.	30	S	10.	0	♋	98.	0	16.	15	4.	aj
La Luisante au gouvernail du navire Argo, *Canopus.*	75.	0	S	9.	55	♋	94.	8	51.	37	1.2	j
Le cœur de l'Hydre.	22.	24	S	23.	11	♌	138.	16	7.	23	25.	aj
L'Epi de la Vierge.	1.	59	S	19.	41	♍	197.	23	9.	35	33.	aj
La Claire de la Balance du Sud.	0.	26	N	10.	56	♎	218.	38	14.	37	27.	aj
Le cœur du Scorpion, *Antares*	4.	28	S	5.	38	♐	242.	50	25.	40	16.	aj

Usage des Tables de déclinaison des Etoiles.

Les Etoiles ne changent de longitude pendant cent ans que d'environ 1 dégré 26 minutes 24 secondes; ce qui fait peu de changement dans leurs déclinaisons : il n'y aura donc qu'à ajoûter ou retrancher à leur déclinaison la quantité de minutes marquées à côté par rapport au nombre d'années écoulées depuis l'an 1700.

On demande, par exemple, la déclinaison de *Capella* en 1726. Dans la Table elle a 45 dégrés 38 minutes de déclinaison, laquelle va en augmentant de 10 minutes pour cent ans; il faut donc ajoûter le quart de 10 minutes ou un peu plus pour vingt-six ans, & l'on aura 45 dégrés 40 minutes 30 secondes de déclinaison pour *Capella* en 1726.

Le peu de différence qui se trouve dans la déclinaison des Etoiles en un très-long espace de tems, fait qu'il n'y a aucune réduction à faire dans la Table, qui par conséquent est universelle pour les tems & les lieux.

On a joint les longitudes, latitudes & ascensions droites de ces mêmes Etoiles pour ceux qui voudroient s'en servir dans les opérations Astronomiques.

Les Planisphéres célestes, dont nous donnons les figures, les constructions & les usages dans notre Livre des usages des Globes, & dans un Traité particulier, seront très-propres à augmenter les Tables ci-dessus, & à faire connoître les Etoiles.



TABLE ABREGE'E DES AMPLITUDES ORTIVES OU ORIENTALES.

Déc. S.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
haut.P.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
D. 2	1	0	2	0	3	0	4	0	5	0	6	0	7	0	8	0	9	0	10	0	11	0	12	0
4	1	0	2	0	3	0	4	1	5	1	6	1	7	1	8	2	9	2	10	2	11	2	12	2
6	1	0	2	1	3	1	4	2	5	2	6	2	7	3	8	4	9	4	10	4	11	4	12	4
8	1	0	2	1	3	2	4	3	5	3	6	4	7	5	8	6	9	6	10	6	11	7	12	7
10	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	8	10	10	11	10	12	11
40	1	18	2	27	3	55	5	14	6	32	7	51	9	9	10	28	11	47	13	6	14	25	15	45
41	1	19	2	39	3	59	5	19	6	38	7	58	9	18	10	38	11	58	13	18	14	39	16	0
42	1	20	2	41	4	2	5	24	6	44	8	5	9	26	10	48	12	9	13	31	14	53	16	15
43	1	22	2	44	4	6	5	29	6	51	8	13	9	35	10	58	12	21	13	44	15	7	16	31
44	1	33	2	47	4	10	5	34	6	58	8	21	9	45	11	9	12	34	13	58	15	23	16	48
45	1	25	2	50	4	15	5	40	7	5	8	30	9	55	11	21	12	47	14	13	15	39	17	6
46	1	26	2	53	4	19	5	46	7	12	8	39	10	6	11	33	13	1	14	29	15	57	17	15
47	1	28	2	56	4	24	5	52	7	21	8	49	10	18	11	46	13	16	14	45	16	15	17	25
48	1	30	2	59	4	29	5	59	7	29	8	59	10	30	12	0	13	28	15	2	16	34	18	6
49	1	32	3	3	4	35	6	6	7	38	9	10	10	42	12	15	13	48	15	21	16	55	18	29
50	1	33	3	7	4	40	6	14	7	48	9	21	10	56	12	30	14	5	15	40	17	16	18	52
51	1	35	3	11	4	46	6	22	7	58	9	34	11	10	12	47	14	24	16	1	17	39	19	17
52	1	37	3	15	4	52	6	30	8	8	9	47	11	25	13	4	14	43	16	23	18	3	19	44
53	1	40	3	20	4	59	6	40	8	20	10	0	11	41	13	22	15	4	16	47	18	29	20	13
54	1	42	3	24	5	6	6	49	8	33	10	15	11	58	13	42	15	26	17	11	18	57	20	43
55	1	45	3	29	5	14	6	59	8	44	10	30	12	10	14	3	15	50	17	37	19	26	21	15
56	1	47	3	35	5	22	7	10	8	58	10	46	12	35	14	25	16	15	18	6	19	57	21	50
57	1	50	3	41	5	31	7	22	9	13	11	4	12	56	14	48	16	42	18	36	20	30	22	27
58	1	53	3	47	5	40	7	34	9	28	11	23	13	18	15	13	17	10	19	8	21	6	23	6
59	1	57	3	53	5	50	7	47	9	45	11	43	13	41	15	41	17	41	19	42	21	45	23	49
60	2	0	4	0	6	1	8	1	10	2	12	4	14	6	16	10	18	9	20	19	22	16	24	34
61	2	4	4	8	6	12	8	16	10	21	12	27	14	34	16	41	18	50	20	59	23	11	25	24
62	2	8	4	16	6	24	8	34	10	42	12	52	15	3	17	15	19	28	21	43	23	59	26	17
63	2	12	4	25	6	37	8	50	11	4	13	19	15	37	17	51	20	9	22	29	24	51	27	15
64	2	17	4	34	6	51	9	9	11	28	13	48	16	8	18	31	20	52	23	20	25	48	28	19
65	2	21	4	45	7	7	9	30	11	54	14	19	16	46	19	14	21	43	24	10	26	50	29	28

VOus voyez que 2 dégrés d'élévation de Pôle & 1 dégré de déclinaiſon du Soleil donnent 1 dégré 0 minute d'amplitude ortive & occaſe ; en ſorte que le Soleil ſous cette latitude ou hauteur de Pôle avec la déclinaiſon ſuſdite ſe léve 1 dégré plus loin que le véritable Eſt vers le Nord, & ſe couche 1 dégré plus loin que le véritable Oueſt vers le Nord, quand il eſt dans les ſignes ſeptentrionaux, ou que ſa déclinaiſon eſt ſeptentrionale ; car ſi elle eſt méridionale, il ſe lévera 1 dégré en s'approchant du véritable Eſt vers le Sud, & ſe conchera de même 1 dégré en s'approchant du véritable Oueſt vers le Sud.

Si l'on vouloit augmenter cette Table des amplitudes depuis 10 dégrés juſqu'à 40, ou depuis 65 dégrés juſqu'à 90, pour s'en ſervir par rapport aux Aſtres qui ſont vers l'Equateur & les Pôles du monde, il faudroit faire cette régle de trois ou analogie : Comme le Sinus, complément de la hauteur du Pôle, eſt au Sinus de la déclinaiſon ; ainſi le Sinus total eſt au Sinus de l'amplitude qu'on cherche.

ET OCCASES OU OCCIDENTALES du Soleil & des Etoiles, répondant à leurs déclinaisons, & aux hauteurs polaires.

Déc. S.	13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24	
haut.P.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
D. 2	13	0	14	0	15	0	16	1	17	1	18	1	19	1	20	1	21	1	22	1	23	1	23	31
4	13	2	14	2	15	2	16	3	17	3	18	3	19	3	20	3	21	3	22	5	23	4	23	34
6	13	4	14	5	15	5	16	6	17	6	18	6	19	7	20	7	21	7	22	9	23	8	23	38
8	13	8	14	9	15	9	16	10	17	10	18	11	19	12	20	12	21	13	22	13	23	14	23	46
10	13	12	14	13	15	14	16	15	17	16	18	17	19	18	20	19	21	20	22	21	23	23	23	53
40	17	3	18	25	19	45	21	5	22	26	23	47	25	9	26	31	27	54	29	17	30	40	31	22
41	17	20	18	42	20	3	21	25	22	48	24	1	25	33	26	57	28	23	29	46	31	11	31	54
42	17	37	19	0	20	23	21	46	23	10	24	34	25	59	27	24	28	50	30	16	31	43	32	27
43	17	55	19	19	20	43	22	8	23	34	25	0	26	26	27	5	29	20	30	49	32	18	33	2
44	18	13	19	39	21	5	22	32	23	59	25	26	26	55	28	2	29	53	31	23	32	54	33	40
45	18	33	20	0	21	28	22	57	24	25	25	55	27	25	28	56	30	27	31	59	33	33	34	20
46	18	54	20	23	21	53	23	22	24	53	26	25	27	57	29	30	31	3	32	38	34	14	35	2
47	19	17	20	47	22	18	23	50	25	23	26	57	28	31	30	6	31	42	33	19	34	57	35	47
48	19	39	21	12	22	45	24	19	25	55	27	30	29	7	30	44	32	23	34	[illegible]	35	44	36	35
49	20	3	21	38	23	15	24	51	26	28	28	6	29	45	31	25	33	7	34	49	36	33	37	26
50	20	29	22	7	23	45	25	24	27	7	28	44	30	26	32	9	33	53	35	39	37	26	38	21
51	20	50	22	37	24	17	25	59	27	41	29	24	31	9	32	55	34	43	36	32	38	23	38	19
52	21	16	23	8	24	52	26	36	28	21	30	6	31	57	33	45	35	36	37	29	39	23	40	22
53	21	57	23	42	25	28	27	16	29	4	30	53	32	45	34	39	36	33	38	30	40	49	41	30
54	22	30	24	18	26	7	27	58	29	50	31	43	33	38	35	35	37	34	39	36	41	40	42	43
55	23	5	24	57	26	49	28	43	30	39	32	36	34	35	36	37	38	40	40	47	42	56	44	3
56	23	43	25	38	27	34	29	32	31	32	33	33	35	36	37	42	39	51	42	4	44	19	45	30
57	24	24	26	22	28	29	30	24	32	28	34	34	36	43	38	54	41	10	43	27	45	50	47	4
58	25	7	27	10	29	14	31	20	33	29	35	40	37	54	40	12	42	33	44	59	47	30	48	48
59	25	53	28	5	30	10	32	21	34	35	36	52	39	12	41	37	44	6	46	40	49	21	50	44
60	26	46	28	56	31	10	33	27	36	25	38	10	40	38	43	10	45	47	48	31	51	24	52	53
61	27	39	29	59	32	16	34	39	37	5	39	56	42	11	44	52	47	40	50	36	53	42	55	20
62	28	38	31	1	33	27	35	[illegible]	38	31	41	10	43	54	46	46	49	46	52	56	56	20	58	9
63	29	42	32	12	34	46	37	2	40	5	42	54	45	49	48	53	52	8	55	30	59	24	61	26
64	30	52	33	30	36	15	38	51	41	50	44	49	47	57	31	17	54	50	58	43	63	3	65	27
65	32	10	34	55	37	46	40	43	43	46	46	59	50	23	54	2	58	0	62	26	67	36	70	39

Tout de même on aura la déclinaison du Soleil, si l'on connoît & l'élévation du Pôle & l'Amplitude orientale ou occidentale, en faisant cette analogie : Comme le Sinus total de l'horison est au Sinus du complément de l'élévation du Pôle ; ainsi le Sinus de l'Amplitude orientale ou occidentale est au Sinus de la déclinaison du Soleil.

Par la même raison on aura l'élévation du Pôle, si l'on connoît la déclinaison du Soleil & l'Amplitude orientale ou occidentale, en faisant cette analogie : Comme le Sinus de l'Amplitude orientale ou occidentale est au Sinus de la déclinaison du Soleil ; ainsi le Sinus total de l'horison est au Sinus du complément de l'élévation du Pôle.

Exemple : Supposons que le Soleil se léve & ait 20 dégrés de déclinaison septentrionale, le Pôle élevé de 40 dégrés au-dessus de l'horison, on demande l'Amplitude ortive du Soleil. Cherchez au haut de la Table la déclinaison de 20 dégrés, & à côté dans la colonne des hauteurs de Pôle 40 dégrés, conduisez le doit horisontalement jusques sous

ſous le carreau de la déclinaiſon, vous trouverez 40 dég. 49 min. d'Amplitude ortive. Et par le calcul :

Le Sinus de 50 dégrés, complément de la hauteur du Pôle, eſt 76604. Le Sinus de 20 dégrés, ou de la déclinaiſon eſt 34202. & le Sinus total, 100000. Multipliez donc 34202 par 100000, & le produit 3420200000 étant diviſé par 76604 il viendra au quotient 44647, Sinus de 26 dég. 31 min. pour l'Amplitude cherchée.

Par les logarithmes... 9.8842540 pour le Sinus de 50 d. de hauteur de Pôle.

Ajoûtez enſemble } 9.5340517 pour le Sinus de 20 d. de déclinaiſon.
ces 2 derniers logar. } 10.0000000 pour le Sinus total.

19.5340517 Total des deux moyens termes.

Otez-en le premier, il reſtera 9.6497977, logarithme de 26 dég. 31 min. comme on le peut voir dans la Table des Sinus, tangentes, ſécantes & logarithmes, que nous ajoûtons ici pour ne rien laiſſer à deſirer ſur cet article, d'autant plus que nous y avons ſouvent renvoyé, & cela arrivera encore au Livre VIII. qui traitera des Cadrans ſolaires.

Si l'on veut augmenter cette Table des Sinus, & la faire pour les demi-dégrés ou 6mes parties de dégrés, c'eſt-à-dire, la ſupputer de 10 en 10 minutes, il faut prendre la différence des nombres qui répondent aux dégrés immédiatement au-deſſus & au-deſſous des dégrés & minutes que l'on cherche, & faire la régle de Trois, comme nous avons fait pour réduire les déclinaiſons.

Exemple. On demande le Sinus de 48 dégrés 24 minutes. Vous trouverez d'abord le Sinus de 48 dégrés, qui eſt 74314; celui de 49 dégrés, 75471, la différence eſt 1157. Faites cette analogie : Comme 60 minutes ſont à 1157, ainſi 24 minutes ſont à 462. Car multipliant 1157 par 24, & diviſant le produit par 60, il viendra au quotient 462, qu'il faudra ajoûter au Sinus de 48 dégrés, 74314, pour avoir 74776, qui ſera le Sinus de 48 dég. 24 min. Il en eſt ainſi des tangentes, ſécantes, & de leurs Logarithmes.

Que ſi l'on veut avoir le Sinus logarithme d'une fraction, par exemple, de 30 dég. 45 min. cherchez la différence entre les Logarithmes de 30 & 31 dég. qui ſera 0.0128693, laquelle diviſée en 4 pour les minutes de 15 en 15, donnera 32173 pour 15 min. & 96519 environ pour 45 min. Cette ſomme ajoûtée au Logarithme de 30 dégrés donnera 9.7086219 pour Sinus logarithme de 30 dég. 45 min. Ou bien faites cette analogie : Comme 60 (nombre des minutes d'un dégré) eſt à 0.0128693, différence entre le Sinus logarithme de 30 à 31 dég. ainſi 45 (nombre des minutes dont on veut ajoûter le Logarithme à 30 dég.) eſt au 4me nombre qu'on cherche ; le quotient donnera 96519 comme ci-deſſus, qu'il faut ajoûter au Logarithme de 30 dég. le total ſera 9.7086319 pour le Sinus logarithme de 30 dég. 45 min. Cette opération n'eſt pas géométrique, mais elle eſt univerſelle & ſans erreur bien ſenſible.

Pour avoir les fractions des Logarithmes des nombres naturels, par exemple, de $57\frac{3}{4}$, cherchez dans la Table des Logarithmes la différence entre le Logarithme de 57 & celui de 58, qui ſera 75531, & faites cette analogie : Comme 4 eſt à 75531 ; ainſi 3 eſt au 4me terme qu'on cherche : le quotient donnera 56648, pour Logarithme de trois quarts ;

D.	Sinus	Tang	Sécant	Log. sin.	Log. tang.	D.	Sinus	Tangen.	Secante.	Log. sin.	Log. tang.
0	0	0	100000	0	0	90	100000	Infinit	Infinit	10.0000000	Infinit
	1M 29	29	100000	6.4637261	6.4637261	59'	99999	343774667	34 774621	9.9999999	13.5362739
1	1745	1755	100015	8.2418553	8.2419215	89	99984	5728996	5729868	9.9999338	11.7580785
2	3490	3492	100061	8.5428192	8.5430838	88	99939	2863625	2865371	9.9997354	11.4569162
3	5234	5241	100137	8.7188002	8.7193958	87	99863	1908114	1910732	9.9994044	11.2806042
4	6976	6993	100244	8.8435845	8.8446437	86	99756	1430067	1433559	9.9989408	11.1553563
5	8716	8749	100382	8.9402960	8.9419518	85	99619	1143005	1147371	9.9983442	11.0580482
6	10453	10510	100551	9.0192346	9.0216202	84	99452	951436	956677	9.9976143	10.9783798
7	12187	12278	100751	9.0858945	9.0891438	83	99255	814435	820551	9.9967507	10.9108562
8	13917	14054	100683	9.1435553	9.1478025	82	99027	711537	718530	9.9957528	10.8521975
9	15643	15838	101247	9.1943324	9.1997125	81	98769	631375	639245	9.9946199	10.8002875
10	17365	17633	101543	9.2396702	9.2463188	80	98481	567128	575877	9.9933515	10.7536812
11	19081	19438	101872	9.2805988	9.2886523	79	98163	514455	524084	9.9915466	10.7113477
12	20791	21256	102234	9.3178789	9.3274745	78	97815	470463	480973	9.9904044	10.6725255
13	22495	23087	102630	9.3520880	9.3633641	77	97437	433148	444541	9.9887239	10.6366259
14	24192	24933	103061	9.3836752	9.3967711	76	97030	401078	413357	9.9869041	10.6032289
15	25882	26795	103528	9.4129962	9.4280525	75	96593	373205	386370	9.9849438	10.5719475
16	27564	28675	104030	9.4403381	9.4574964	74	96126	348741	362796	9.9828416	10.5425036
17	29237	30573	104569	9.4659353	9.4853390	73	95630	327085	342030	9.9805963	10.5146610
18	30902	32492	105146	9.4899824	9.5117760	72	95106	307768	323007	9.9782063	10.4882240
19	32557	34433	105762	9.5126419	9.5369719	71	94552	290421	307155	9.9756701	10.4630281
20	34202	36397	106418	9.5340517	9.5610659	70	93969	274748	292380	9.9729858	10.4389341
21	35836	38386	107115	9.5543292	9.5841774	69	93358	260508	275043	9.9701517	10.4158226
22	37461	40403	107853	9.5735754	9.6064096	68	92718	247509	266947	9.9671659	10.3935904
23	39073	42447	108636	9.5918780	9.6278519	67	92050	235585	255930	9.9640261	10.3721481
24	40674	44523	109464	9.6093133	9.6485831	66	91355	224604	245859	9.9607302	10.3514169
25	42262	46631	110330	9.6259483	9.6686725	65	90631	214451	236630	9.9572757	10.3313275
26	43837	48773	111260	9.6418420	9.6881818	64	89879	205030	228117	9.9536602	10.3118182
27	45399	50953	112233	9.6570468	9.7071659	63	89101	196261	220269	9.9498805	10.2928341
28	46947	53171	113257	9.6716093	5.7256744	62	88295	188073	213005	9.9459349	10.2743256
29	48481	55431	114335	9.6855712	9.7437520	61	87462	180405	206267	9.9418193	10.2562480
30	50000	57735	115470	9.6989700	9.7614394	60	86603	173205	200000	9.9375306	10.2385606
31	51504	60086	116663	9.7118393	9.7787737	59	85717	166428	194160	9.9330656	10.2212263
32	52992	62487	117918	9.7242097	9.7957892	58	84805	160033	188708	9.9284205	10.2042108
33	54464	64941	119236	9.7361088	9.8125174	57	83867	153986	181608	9.9235914	10.1874826
34	55919	67451	120622	9.7475617	9.8285874	56	81904	148256	178829	9.9185742	10.1710126
35	57358	70021	122077	9.7585913	9.8452268	55	81915	142815	174345	9.9133645	10.1547732
36	58779	72654	123607	9.7692187	9.8612610	54	80902	137638	170130	9.9079576	10.1387390
37	60181	75355	125214	9.7794630	9.8771144	53	79864	132704	166164	9.9023486	10.1228856
38	61566	78129	116902	9.7893420	9.8928098	52	78701	127994	162427	9.8965321	10.1071902
39	62932	80978	128976	9.7988719	9.9083692	51	77715	123490	158902	9.8905026	10.0916308
40	64279	83910	130541	9.8080675	9.9238135	50	76604	119175	155572	9.8842540	10.0761865
41	65606	86925	132501	9.8169429	9.9391631	49	75471	115037	152425	9.8777799	10.0608369
42	66913	90040	134563	9.8255109	9.9544374	48	74314	111061	149448	9.8710735	10.0455626
43	68200	93252	136733	9.8337833	9.9696559	47	73135	107237	146628	9.8641275	10.0303441
44	69466	96569	139016	9.8417713	9.9848372	46	71934	103553	143956	9.8569341	10.0151628
45	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000	45	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000
rumbs											
1	19508	19891	101959	9.2902357	9.2986618	5	83147	149661	179995	9.9198464	10.1851074
2	38268	41421	108239	9.5828397	9.6172243	6	92388	241421	261313	9.9656253	10.3827757
3	55557	66818	120269	9.7447390	9.8248926	7	98079	502734	512583	9.9915739	10.7013382

N.	Logarith.	N.	Logarith.	N.	Log.2 en 2	N.	Log.abreg	N.	Log.abreg
1	0.0000000	51	1.70 5702	101	2.0043214	201	2.3031961	343	2.5352941
2	0.3010300	52	1.7160033	103	2.0128372	203	2.3074960	347	2.5403295
3	0.4771314	53	1.7242759	105	2.0211893	207	2.3159703	349	2.5428254
4	0.6020600	54	1.7323938	107	2.0293838	209	2.3201463	353	2.5477747
5	0.6989700	55	1.7403627	109	2.0374265	211	2.3242825	359	2.5550944
6	0.7781512	56	1.7481880	111	2.0453230	213	2.3283796	361	2.5575027
7	0.8450980	57	1.7558749	113	2.0530784	217	2.3364597	367	2.5646661
8	0.9030900	58	1.7634280	115	2.0606978	21	2.3404441	371	2.5693739
9	0.9542425	59	1.7708520	117	2.0681859	221	2.3443923	373	2.5717 83
10	1.0000000	60	1.7781512	119	2.0755470	223	2.3483049	377	2.5763411
11	1.0413927	61	1.7853298	121	2.0827854	227	2.3560259	379	2.5786392
12	1.0791812	62	1.7923917	123	2.0899051	229	2.3598355	383	2.5831988
13	1.1139433	63	1.7993405	125	2.0969100	231	2.3636120	389	2.5899496
14	1.1461280	64	1.8061800	127	2.1038037	233	2.3673559	391	2.5921768
15	1.1760913	65	1.8129134	129	2.1105897	237	2.3747483	397	2.5987905
16	1.2041200	66	1.8195439	131	2.1172713	239	2.3783979	401	2.6031444
17	1.2304489	67	1.8260748	133	2.1238516	241	2.3820170	403	2.6053050
18	1.2552725	68	1.8325089	135	2.1303338	247	2.3926970	407	2.6095944
19	1.2787536	69	1.8388491	137	2.1367206	249	2.3961993	409	2.6117233
20	1.3010300	70	1.8450980	139	2.1430148	251	2.3996717	413	2.6159500
21	1.3222193	71	1.8512583	141	2.1492191	253	2.4031205	419	2.6222140
22	1.3424227	72	1.8573325	143	2.1553360	257	2.4099331	421	2.6242821
23	1.3617278	73	1.8633229	145	2.1613680	259	2.4132998	427	2.6304279
24	1.3802112	74	1.8692317	147	2.1673173	261	2.4166405	431	2.6344773
25	1.3979400	75	1.8750613	149	2.1751865	265	2.4199557	433	2.6364879
26	1.4149733	76	1.8808136	151	2.1789769	267	2.4265113	437	2.6404814
27	1.4313638	77	1.8864907	153	2.1846914	269	2.4297525	439	2.6424645
28	1.4471580	78	1.8920946	155	2.1915117	271	2.4329693	443	2.6464037
29	1.4623980	79	1.8976271	157	2.1958996	273	2.4361626	449	2.6522463
30	1.4771213	80	1.9030900	159	2.2013971	277	2.4424798	451	2.6541765
31	1.4913617	81	1.9084850	161	2.2068259	279	2.4456042	457	2.6599162
32	1.5051500	82	1.9138138	163	2.2121876	281	2.4487063	461	2.6637009
33	1.5185139	83	1.9190781	165	2.2174839	283	2.4517864	463	2.6655810
34	1.5314789	84	1.9242793	167	2.2227165	287	2.4578819	467	2.6693169
35	1.5440680	85	1.9294189	169	2.2278867	289	2.4608978	469	2.6711728
36	1.5563025	86	1.9344984	171	2.2329961	291	2.4638910	473	2.6748611
37	1.5682017	87	1.9395192	173	2.2380461	295	2.4668676	479	2.6803355
38	1.5797836	88	1.9444827	175	2.2430380	297	2.4727564	481	2.6821451
39	1.5910646	89	1.9493900	177	2.2479733	299	2.4756712	487	2.6875290
40	1.6020600	90	1.9542425	179	2.2528530	501	2.4785665	491	2.6910615
41	1.6127839	91	1.9590414	181	2.2576786	307	2.4871384	497	2.6963564
42	1.6232493	92	1.9637878	183	2.2624511	311	2.4927604	499	2.6981005
43	1.6334685	93	1.9684829	185	2.2671717	313	2.4955443	500	2.6989700
44	1.6434527	94	1.9731279	187	2.2718416	317	2.5010593	600	2.7781512
45	1.6532125	95	1.9777236	189	2.2764618	319	2.5037907	700	2.8450980
46	1.6627578	96	1.9822712	191	2.2810334	323	2.5092025	800	2.9030900
47	1.6720979	97	1.9867717	193	2.2855573	329	2.5171959	900	2.9542425
48	1.6812412	98	1.9912261	195	2.2900346	331	2.5198280	1000	3.0000000
49	1.6901961	99	1.9956352	197	2.2944662	337	2.5276299	2000	3.3010300
50	1.6989700	100	2.0000000	199	2.2988531	341	2.5327544	4000	3.6020600

Pour avoir le Logarith. d'un nombre pair omis en cette 3e colonne, par exemple, du nombre 148, ajoûtez à 1.8692317, Logarith. de 74, moiti. de 148, 0.3010300, Logarith. de 2. vous aurez en total 2.1702617, Logarith. cherché du nombre 148.

Au contraire, pour avoir le nombre du même Log. omis en cette 3e colonne, ôtez 2.1702617, Logarith. donné, 0.3010300, Logarith. de 2, il restera 1.8692317, Logarith. de 74; lequel nombre multiplié par 2 dont on a ôté le Logarith. donnera 148 pour nombre cherché.

Pour avoir les Log. des nomb. pairs omis colonnes 4e & 5e, faites comme à la colonne 3e. Mais pour avoir les Log. des nomb. impairs qui finissent par 5, comme du n. 275 ajoutez à 1.7403627 Log. de sa 5e partie 0.6989700 Log. du n. 5, vous aurez le total 2.4393327, Log. du n. 275 cherché. Et pour les nombres impairs, terminés par 1. 3. 7. ou 9, comme du nomb. 243, ajoutez à 1.9084850, Log. de sa 3e partie 0.4771213, Logarith. du nomb. 3. vous aurez le total 2.3856063. Log. du n. 243 proposé.

Au contraire, pour avoir les nombres des Logarith. omis en ces 4e & 5e colonnes, du Logarith. donné, ôtez le Logarith. de 2. ou de 3, ou de 4 ou de 5, comme on verra que le Logarith. donné devra être placé en ces colonnes 4e & 5e. Exemple: On cherche le nombre du Logarith. 2.6618127, il est dans ces colonnes après 457; pour le chercher entre les impairs, ôtez-en 0.4771213, Logarith. de 3, il restera 2.1846914 Logarith. de 153, lequel nombre multiplié par 3, donnera 459 pour nombre cherché. Autre exemple, on cherche le nomb. du Log. 2.6042261: il est dans les colonnes 4e & 5e entre 401 & 403, par conséquent pair. Ainsi ôtez-en 0.3010300 Log. restera 2.3031961, Log. de 201, lequel multiplié par 2, dont on a ôté le Log. donnera 402 pour le nombre cherché.

lequel quotient ajoûté au Logarithme ci-dessus de 47, donnera 1.7615397, pour Logarithme de 57 trois quarts. C'est ainsi qu'on trouve les Logarithmes des nombres indivisibles par des entiers, comme de 501, en ajoûtant au Logarithme de 500, la moitié de la différence entre ce Logarithme de 500 & celui de 502. Au contraire, ayant le Logarithme ci-dessus 1.7615397, vous en aurez le nombre & sa fraction, en ôtant 1.7558740, Logarithme de 57 moindre & plus voisin de cette somme en la Table, & il restera 56648 pour la fraction, que vous trouverez en faisant cette régle: Si 75531 donnent 4. combien 56648? Le quotient sera 3 à ajoûter à 57, & vous aurez 57 trois quarts que vous cherchiez. Cette méthode convient aux fractions des Sinus, tangentes, &c, & est universelle sans grande erreur.

CHAPITRE II.

De la construction & de l'usage des Instrumens qui servent à observer la hauteur des Astres.

De l'Astrolabe de mer.

XXIII. Planche. Fig. 4. LE plus ordinaire des Instrumens pour prendre hauteur en mer, est l'Astrolabe. C'est un cercle de cuivre d'environ un pied de diamétre, & de 6 à 7 lignes d'épaisseur, afin qu'il ait du poids : quelquefois on y attache encore un poids de 5 à 6 livres à l'endroit marqué B, afin qu'étant suspendu par son anneau A, qui doit être bien mobile ; il se puisse tourner facilement de toutes parts, & garder la situation perpendiculaire pendant les mouvemens du Navire.

Il est divisé en 4 fois 90 dégrés & fort souvent en demis & quarts de dégré.

Il est absolument nécessaire que la ligne droite C D, qui représente l'Horison, soit parfaitement de niveau, afin d'y pouvoir commencer la division du cercle. Pour l'examiner il faut observer par les fentes ou les petits trous des pinules F G, qui sont attachées vers les extrémités de l'alidade qui tourne librement par le moyen d'un clou à tête autour du centre E, il faut, disons-nous, observer un même objet éloigné, en mettant l'œil à l'une desdites pinules. Après avoir tourné l'Astrolabe, si le même objet se voit toutes les deux fois sans changer l'alidade, c'est une marque que la ligne de foi convient avec l'Horison. Mais, si pour voir une seconde fois le même objet, il faut mouvoir l'alidade, c'est-à-dire, la hausser ou baisser, le point milieu entre ces deux positions marquera la vraie ligne horisontale, passant par le centre de l'Instrument ; ce qu'il sera bon de vérifier par plusieurs observations réitérées avant de commencer la division qui se fera de la maniére que nous avons expliqué ci-devant.

Usage de l'Astrolabe.

POur observer la hauteur des Astres sur l'Horison, & leur distance du Zénith, qui en est le complément, on suspend l'Astrolabe par son anneau & l'on tourne son côté vers l'Astre, en haussant un des bouts de l'alidade F. jusqu'à ce que le rayon de l'Astre passe par les deux pinules FG ; alors l'alidade marquera par ses extrémités, autour du cercle divisé, la hauteur de l'Astre H, depuis C jusqu'en F, compris entre le rayon horisontal E C, & le rayon de l'Astre E F, parce que cet Instrument dans cette situation représente un vertical. La division B G ou A F marquera la distance de l'Astre au zénith.

Construction de l'Anneau.

Fig. 5. C'Est un cercle de cuivre, qui se fait de 8 à 10 pouces de diamétre. Il est nécessaire qu'il soit d'une bonne épaisseur, afin qu'étant plus pe-

sant il conserve mieux sa situation perpendiculaire ; la division se marque dans sa surface concave. Il y a un petit trou en C , qui traverse l'Anneau parallélement à son plan. Ce trou est éloigné de 45 dégrés du point de suspension B, & il est le centre d'un Quart-de-cercle D E, divisé en 90 dégrés. Un de ses rayons C E est paralléle au diamétre vertical B H, point de suspension ; & l'autre rayon horisontal est perpendiculaire au même diamétre.

Nous ne disons rien ici de la précision avec laquelle on doit avoir ce diamétre. L'habileté de l'ouvrier y suppléera facilement. Ensuite on tire des rayons du centre C à tous les dégrés du quart de cercle DE, pour les marquer dans la surface intérieure de l'Instrument, depuis F jusqu'en G. On peut faire cette division à part sur un plan, puis la transporter bien exactement dans la concavité du cercle.

Ce qui fait estimer cet Instrument, c'est que les dégrés de la division sont plus grands à proportion de sa grandeur, que ceux de l'Astrolabe.

Usage de l'Anneau.

POur se servir de cet Anneau, il faut le suspendre par la boucle B, & le tourner vers le Soleil A, en sorte que son rayon passe par le trou C.

Il marquera au fond de l'Anneau de F en I, les dégrés de la hauteur du Soleil entre le rayon horisontal C F, & le rayon de l'Astre C I : la partie I H G, marquera sa distance au Zénith, entre le rayon C I & le rayon vertical C G.

Du Quart-de-cercle.

L'Instrument marqué ici est un Quart-de-cercle d'environ un pied de rayon. Il est divisé en 90 dégrés & souvent de 5 en 5 minutes par des transversales. Il y a deux pinules sur un de ses rayons A E. Le fil où est attaché le plomb est arrêté au centre A. Nous ne nous étendrons pas sur la construction de cet Instrument, en ayant suffisamment parlé au Chapitre V. du Livre IV. qui traite de la construction du Quarré géométrique. Fig. 6.

Pour s'en servir il faut le tourner vers l'Astre D, de maniére que son rayon D A E passe par les deux pinules A & E : alors le fil à plomb qui doit raser librement les dégrés du Quart de cercle, marquera en C les dégrés de la hauteur du Soleil depuis B jusqu'en C, & son complément depuis C jusqu'en E.

De l'Arbalestrille.

CEt Instrument est composé de deux piéces, dont l'une marquée A B d'environ trois pieds de long, s'appelle *la Fléche*, & l'autre plus courte marquée C D s'appelle *le Marteau*. Fig. 7.

La Fléche est d'ébéne, bien quarrée en tout sens, de 6 à 7 lignes de grosseur, & bien égale en toute sa longueur.

Le Marteau est de bois de poirier, bien uni & applani d'un côté ; il a un trou quarré dans son milieu, qui doit être plus épais, afin que la Fléche glissant dans ce trou, soit plus ferme & s'y tienne perpendiculaire au Marteau.

La Fléche doit être divisée en sa longueur, en dégrés & minutes sur

chacune de ses quatre faces, lesquelles ne différent entre elles que dans la grandeur de leurs dégrés, proportionnés à la différente grandeur des Marteaux; car chaque face doit avoir son Marteau particulier.

Le commencement de la division se fait vers A, où se place l'œil de l'Observateur, mais à distance d'environ demi-pouce du bout de la Fléche, à cause de la convéxité du globe de l'œil, car c'est à son centre que les principaux rayons des objets se vont croiser.

Le point fixe du commencement de la division doit commencer au centre prolongé du milieu du bâton de la fléche, c'est-à-dire, que plus le bâton est gros & plus le centre est éloigné; il faut pour cela tirer une ligne du centre du bâton, & quatre lignes du bout des quatre faces, & le point où ils aboutiront sera l'endroit où doivent commencer les divisions, & où l'on doit placer l'œil.

Si donc on veut diviser la face A B pour servir au plus grand Marteau C D, il faut chercher dans les Tables calculées les tangentes des dégrés du cercle dont le rayon est égal à la moitié de ce Marteau, & du point A, les transporter sur la face A B, & marquer sur chaque division le nombre qui convient aux tangentes du complément de la moitié de l'arc que l'on veut marquer, par le moyen d'une échelle de mille parties, qui soit egale à la moitié du Marteau.

Si, par exemple, on veut marquer sur la Fléche le point de 90 dégrés: sa moitié est 45, & son complément aussi 45, dont la tangente est égale au rayon; c'est pourquoi la moitié du Marteau sera précisément égale à la distance; depuis le bout de l'œil A, jusqu'au point de 90 dégrés, car le Demi-marteau est le rayon d'un cercle dont les tangentes sont contenues dans la Fléche, comme il est aisé de le voir par la figure 8me.

Pareillement si l'on veut y marquer le point de 80 dégrés, dont la moitié est 40, & son complément 50, cherchez la tangente de 50 dégrés, & vous trouverez 119175, duquel nombre il faut retrancher les deux dernieres figures, à cause que nous avons supposé le rayon ou Demi-marteau de mille parties égales, au lieu des 100000, qui sont assignées au rayon des Tables. Cette tangente sera donc presque 1192, & ayant pris sur l'échelle 192 parties, il faudra les porter au-delà du point de 90 dégrés, pour marquer 80 dégrés sur la Fléche. De même, pour y marquer 70 dégrés, la moitié est 35, & son complément 55, dont la tangente est 1428. Il faudra porter l'étendue de 428 parties égales, prises sur l'échelle, depuis le point de 90 dégrés pour marquer sur la Fléche 70 dégrés, & ainsi de tous les autres dégrés & minutes, tant que la Fléche en pourra contenir.

Mais si la moitié du grand Marteau est de 10 pouces, & la Fléche de deux pieds six pouces, on ne pourra pas marquer sur la face qui lui convient les dégrés au-dessous de 40, parce que la tangente du complément de 20 dégrés, qui est 70 dégrés, est de 2747 parties, c'est-à-dire, presque trois fois le rayon.

La moitié du second Marteau étant supposée de 6 à 7 pouces, on pourra marquer les dégrés sur la face qui lui convient depuis 90 dég. jusqu'à 30.

Si la moitié du 3me Marteau est de 4 à 5 pouces, on pourra marquer sur la face qui lui convient les dégrés depuis 90 jusqu'à 20. Enfin le 4me,

& plus petit Marteau eſt de deux pouces & demi ; & l'on pourra marquer ſur la face qui lui convient les dégrés depuis 90 juſqu'à 10.

Pour les grandes hauteurs on ſe ſert des grands Marteaux, parce que les diviſions en ſont plus juſtes ; & pour les moindres hauteurs il faut ſe ſervir des petits Marteaux.

Pour trouver la face qui convient à un Marteau, il n'y a qu'à préſenter ſa moitié ſur la Fléche ; ſi elle ſe trouve égale à la diſtance depuis l'extrémité appellée le *bout de l'œil*, juſqu'à 90 dégrés, on aura la face convenable au Marteau.

On peut auſſi marquer mécaniquement les dégrés ſur la Fléche en faiſant un grand Quart de cercle, dont le rayon ſoit auſſi grand que la Fléche A B. Ce Quart de cercle doit être diviſé en dégrés & minutes de 10 en 10 ; & après avoir paſſé la Fléche dans ſon Marteau C D, en ſorte que le plat dudit Marteau ſoit tourné vers l'extrémité A de la Fléche, on l'appliquera ſur le Quart de cercle, de ſorte que le bout A réponde exactement ſur le centre du Quart de cercle, & que le bout D du Marteau ſoit toujours ſur le rayon A F. On approchera doucement le marteau C D du bout A, juſqu'à ce que ſon autre extrémité C touche le rayon A M, qui paſſe par le dégré que l'on veut marquer ſur la fléche, lequel dégré on marquera à l'endroit où raſera le Marteau au point E, & l'on continuera de rapprocher le Marteau du centre A le long du rayon A D F, juſqu'à ce qu'il touche ſucceſſivement les rayons de tous les dégrés, pour les marquer ſur une colonne le long de la fléche A B, en augmentant à meſure qu'ils approchent du bout A. On marquera auſſi les dégrés de complément ſur la même face, ſur une autre colonne, leſquels vont en diminuant de B vers A. On pourra mettre un fil au centre A, pour ſervir de rayon comme A M, en le tendant ſucceſſivement ſur tous les dégrés, à meſure qu'on lui fera toucher le bout C du Marteau. Fig. 7.

On fera la même choſe ſur les autres faces, pour y marquer les diviſions, ſuivant les différens Marteaux. La petite figure P fait voir un Marteau vû de face avec ſon trou.

Voici une Table toute calculée pour diviſer une Fléche dont le Demi-marteau eſt ſuppoſé de 1000 parties égales, leſquelles on doit prendre depuis l'extrémité A de la Fléche, juſqu'à chacun de ſes dégrés.

Table de parties égales dont le Demi-marteau en contient 1000.

D.	Parties	D.	Part.	D.	Part.	D.	Part.	D.	Part.	D.	Part.
1	114589	16	7115	31	3606	46	2356	61	1698	76	1280
2	57290	17	6691	32	3487	47	2300	62	1664	77	1257
3	38188	18	6314	33	3376	48	2246	63	1632	78	1235
4	28636	19	5976	34	3271	49	2194	64	1600	79	1213
5	22904	20	5671	35	3172	50	2144	65	1570	80	1192
6	19081	21	5395	36	3078	51	2097	66	1540	81	1171
7	16350	22	5145	37	2989	52	2050	67	1511	82	1150
8	14301	23	4915	38	2904	53	2006	68	1483	83	1130
9	12706	24	4705	39	2824	54	1963	69	1455	84	1111
10	11430	25	4511	40	2747	55	1921	70	1428	83	1091
11	20385	26	4331	41	2675	56	1881	71	1402	86	1072
12	9514	27	4165	42	2605	57	1842	72	1376	87	1054
13	8777	28	4011	43	2539	58	1804	73	1351	88	1036
14	8144	29	3867	44	2475	59	1767	74	1327	89	1818
15	7396	30	3732	45	2414	60	1732	75	1303	90	1000

Usage de l'Arbaleſtrille.

On ſe ſert de deux maniéres de cet Inſtrument, pour obſerver la hauteur d'un Aſtre. La premiére maniére eſt d'obſerver l'Aſtre par devant. Alors il faut (après avoir paſſé le Marteau dans la Fléche du côté de ſa face, le côté plat du Marteau étant tourné vers le bout de l'œil A) appuyer ce même bout à côté de l'œil, & regarder l'Horiſon ſenſible par le bout d'en bas D du Marteau D C, ſuivant le rayon viſuel horiſontal ADF. On fait à cet effet gliſſer le Marteau le long de la Fléche en l'approchant ou le reculant de l'œil, juſqu'à ce que l'on voie l'Aſtre par le bout C du Marteau; & alors il marquera ſur la Fléche les dégrés de la hauteur de l'Aſtre, ſur la colonne qui va en augmentant vers 90, ou vers le bout de l'œil A; il marquera auſſi vis-à-vis, la diſtance de l'Aſtre au Zénith, ou le complément de ſa hauteur ſur l'autre colonne, qui va en diminuant vers le bout de l'œil A. Ainſi plus l'Aſtre ſera élevé ſur l'Horiſon & plus le marteau s'approchera de l'œil; au contraire plus il s'en éloignera, & moins l'Aſtre ſera élevé: d'où vous conclurez que la partie de la Fléche du côté de l'œil, eſt vuide de marques juſqu'à la longueur du Demi-marteau dont on ſe ſert.

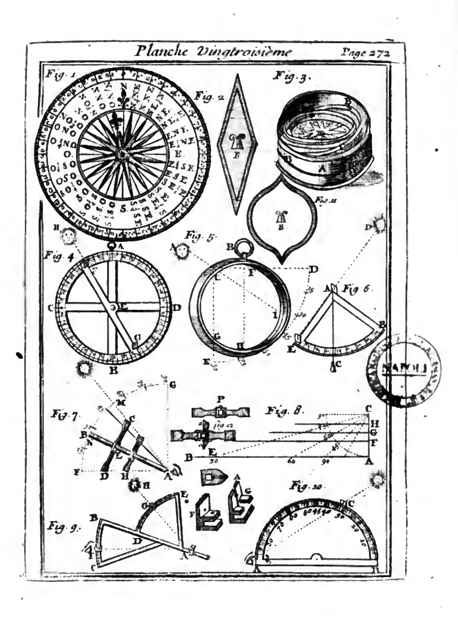
On prend hauteur par-devant aux Etoiles & au Soleil, lorſque les rayons de ce dernier n'ont guéres de force à cauſe de quelque nuage, en mettant un morceau de verre bruni au-devant de l'œil pour le conſerver des mêmes rayons.

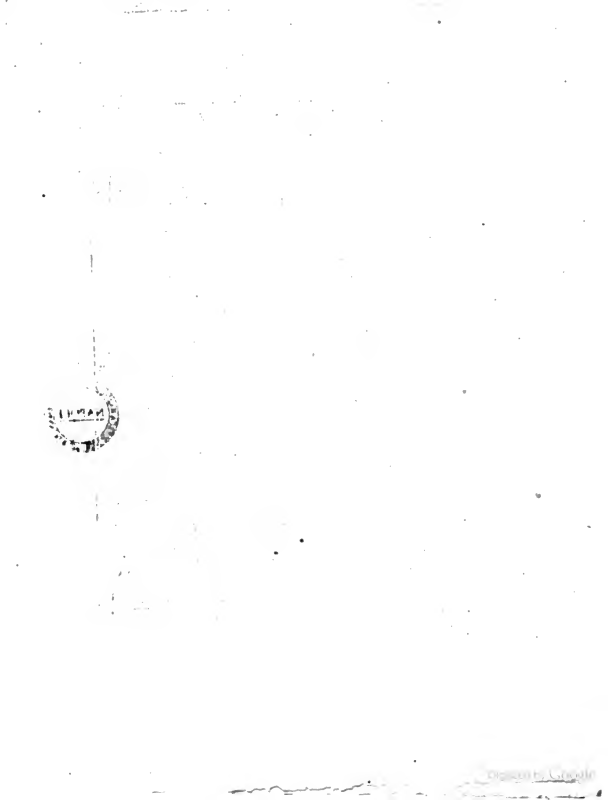
La ſeconde maniére de faire uſage de l'Arbaleſtrille, pour obſerver la hauteur d'un Aſtre, comme du Soleil, c'eſt de regarder l'Aſtre par derriére: ce qui ſe fait en mettant le plat d'un grand Marteau à la place de l'œil en A, de ſorte que ce plat de Marteau ſoit au point, où l'on ſuppoſe l'œil, quand on obſerve par-devant, & qu'il ſoit de plus tourné en dehors de la Fléche; enſuite on paſſera dans la Fléche le plus petit des quatre Marteaux, ſon côté plat vers le grand Marteau. On ajoûtera ſi l'on veut au bout d'en-bas D du grand Marteau une eſpéce de pinule de cuivre, dont la fente ſoit paralléle au plan de l'Horiſon. On fait ordinairement le petit Marteau en croix, dont les croiſillons ou traverſes *a a* ſont coupées au milieu de l'épaiſſeur de la Fléche, comme vous voyez en la figure 12.

L'Arbaleſtrille étant ainſi préparée, il faut tourner le dos au Soleil & regarder l'Horiſon ſenſible par la pinule D, & par-deſſous la traverſe qui eſt au milieu du petit Marteau; en regardant ainſi l'Horiſon on approchera ou reculera ce petit Marteau juſqu'à ce que l'ombre du bout C du grand Marteau ſe termine ſur la traverſe *a a* du petit Marteau, à l'endroit qui répond au milieu de la groſſeur de la Fléche; alors le petit Marteau marquera ſur la Fléche les dégrés de la hauteur du Soleil & de ſon complément.

On ſe ſert plus ſouvent de cette ſeconde maniére d'obſerver la hauteur de l'Aſtre par derriére, parce qu'en ce cas l'œil n'a qu'un ſeul rayon viſuel à obſerver, au lieu qu'il faut en obſerver deux, quand on prend la hauteur par-devant. On voit (Planche 24. fig. 6 & 7) une Arbaleſtrille montée pour obſerver par derriere.

Quand on prend la hauteur par-devant on la trouve trop grande, & quand on la prend par-derriére on la trouve trop petite. Cette erreur eſt égale


Planche Vingtroisième
Page 272
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3.
Fig. 4
Fig. 5
Fig 6
Fig. 7
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10



égale de part & d'autre, & elle est d'autant plus grande que l'on est plus élevé au-dessus de la surface de la mer; tellement que l'élévation d'un pied fait erreur d'une minute, celle de 5 pieds cause 2 minutes d'erreur; l'élévation de 10 pieds, 3 minutes; celle de 17 pieds, 4 minutes; celle de 25 pieds cause 5 minutes d'erreur; & enfin celle de 40 pieds fait erreur de 6 minutes.

C'est pourquoi nous avons crû devoir ajoûter ici une Table des élévations de l'œil sur l'Horison pour les minutes d'erreur à augmenter ou à soustraire de la hauteur: Et une autre Table des lieues de distance depuis le lieu de l'Observateur jusqu'où s'étend son Horison sensible, parce que plus l'œil est élevé sur l'Horison, plus son Horison sensible a d'étendue, plus aussi il y a de minutes à ajoûter à la hauteur observée par-derriere, & plus à soustraire à la hauteur prise par-devant.

Table des élévations sur l'Horison, des minutes d'erreur, & des lieues que contient le rayon de l'Horison sensible.

Pieds d'élévation sur la mer.	1.5.10.	17.25.40.	50.60.70.	80.100.200.	300.400.500.
Minutes à ôter par-devant & à ajoûter par-derriere	1. 2. 3.	4. 5. 6.	7. 8. 9.	10. 11. 14.	17. 20. 22.
Lieues jusqu'à l'Horis. sensib.	$\frac{1}{3}$ $\frac{2}{3}$ 2.	$1\frac{1}{3}$ $1\frac{2}{3}$ 2.	$2\frac{1}{3}$ $2\frac{2}{3}$ 3.	$3\frac{1}{3}$ $3\frac{2}{3}$ $4\frac{1}{3}$	$5\frac{3}{4}$ $6\frac{1}{4}$ $7\frac{1}{6}$

Soit le Globe de la terre & de la mer D L M, & soit un Observateur en A élevé au-dessus de la mer de la quantité A D, & qu'il observe par-devant la hauteur de l'Astre F, il trouvera l'arc F H, compris par les rayons visuels A F, A H tirés du point A de l'Observation, l'un à l'Astre F, & l'autre à l'Horison sensible en H, touchant la surface de la mer; mais la vraie hauteur ne doit être que depuis l'Astre F jusqu'à la véritable ligne horisontale A B. Donc la hauteur F A H prise par-devant, est plus grande que la vraie hauteur B A F. Mais si l'on prend la hauteur de l'Astre G par derriere, on lui tournera le dos en regardant l'Horison sensible par le rayon visuel A H, lequel passe au-dessous de la ligne véritablement horisontale A B, & le rayon A H étant prolongé par-derriere l'Observateur vers E, donnera l'arc G E, compris par les rayons A G, A E, pour la hauteur observée; mais la vraie hauteur est G C. Donc la hauteur observée G E par-derriére est trop petite de la quantité E C. Or l'angle de l'excès B A H de la hauteur prise par-devant est égal au défaut C A E de la hauteur prise par-derriére, parce que ces angles sont opposés par leurs points. XXIV. Planche. Fig 5.

Maintenant si l'on veut sçavoir où se termine l'Horison sensible d'un Observateur élevé de 100 pieds au-dessus de la mer, on trouvera dans la Table, 3 lieues deux tiers du point de l'Observation.

Quand on prend hauteur avec les Instrumens qui ne sont point au vrai niveau & au véritable Horison, il faut avoir égard à ce qu'on vient de dire de l'Arbalestrille; & de quelqu'Instrument qu'on se serve, il faut aussi avoir égard aux remarques générales que nous ferons après avoir parlé de tous les Instrumens à prendre hauteur.

Si donc on a observé la hauteur d'un Astre avec l'Arbalestrille par-devant, & qu'on l'ait trouvé, par exemple, de 20 dégrés, si l'œil de l'Ob-

ſervateur en ce cas eſt élevé de 25 pieds par-deſſus la ſurface de la mer, il faudra conclure que la hauteur de l'Aſtre n'eſt que de 19 dégrés 55 minutes, parce qu'il faut ſouſtraire 5 minutes pour l'élévation de 25 pieds. Il faudroit au contraire les ajoûter, ſi la hauteur avoit été priſe par-derriére.

Du Quartier Anglois.

XXII. Planche. Fig 9. CEt Inſtrument ſe fait ordinairement de bois de poirier. Il contient un Quart de cercle partagé en deux arcs B C, D E, qui ont différens rayons, dont le moindre eſt la moitié du plus grand.

L'arc B C eſt de 30 dégrés, chaque dégré ſe ſubdiviſe autant qu'on le peut de 5 en 5 minutes par le moyen des cercles concentriques & des lignes tranſverſales. L'autre arc de cercle D E contient 60 dégrés & ſe diviſe ſeulement en dégrés; la diviſion de ces arcs doit commencer du rayon AB, dont la longueur eſt environ de deux pieds.

On ajuſte, comme à l'Arbaleſtrille, au centre commun de ces deux arcs un petit Marteau, à peu près ſemblable à celui de la figure 12, dont une traverſe ou croiſillon réponde préciſément au milieu de l'épaiſſeur de la fléche ou de la piéce de bois droite, ou bien une pinule comme la figure A, fendue horiſontalement; puis on ajuſte une autre pinule qui ſe puiſſe mouvoir & arrêter avec une vis ſur chacun des dégrés & minutes de l'arc B C, comme en F, laquelle doit etre percée dans une ligne de ſoi perpendiculaire au plan des diviſions, comme la figure F, pour y placer l'œil; enfin une troiſiéme pinule qui puiſſe couler & s'arrêter au long des diviſions de l'arc D E, comme en G; cette pinule doit être auſſi percée ou fendue, afin que le rayon du Soleil puiſſe donner dans la pinule du centre; mais elle doit être bien dreſſée & perpendiculaire au plan des diviſions, comme la petite figure G le montre; il faut auſſi que ces arcs ſoient d'égale épaiſſeur, afin que les pinules ſoient toujours bien perpendiculaires ſur le bord de l'Inſtrument.

Uſage du Quartier Anglois.

ON peut faire uſage du Quartier Anglois pour obſerver la hauteur des Aſtres de deux maniéres, ainſi qu'on a fait avec l'Arbaleſtrille, c'eſt-à-dire en regardant l'Aſtre, ou en lui tournant le dos. Cette ſeconde maniére d'obſerver l'Aſtre par-derriere eſt la plus commode. Il faut pour cela ajuſter la pinule A ſur le centre & la pinule G, ſur tel dégré qu'on voudra de l'arc D E; pourvû toutefois que la partie G D avec les 30 dégrés de l'arc B C ſoient du moins auſſi grands que la hauteur de l'Aſtre; après cela on lui tournera le dos, & l'on hauſſera ou baiſſera la pinule F en la faiſant gliſſer ſur l'Arc BC, juſqu'à ce que regardant l'Horiſon ſenſible par les deux pinules F & A, le rayon du Soleil H paſſe par l'ouverture de la pinule G, & vienne aboutir à la fente de la pinule qui eſt au centre A. Alors la ſomme des deux arcs ſera la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon, en y faiſant la même correction que nous avons dit en parlant de l'Arbaleſtrille, & le complément de cette hauteur ſera la diſtance du Zénith.

On pourra auſſi prendre hauteur par-devant avec le Quartier Anglois; comme avec l'Arbaleſtrille; mais cette ſeconde maniére de s'en ſervir ſera

plus difficile, à moins que la Fléche ne soit coupée précisément à l'un de la pinule du centre A.

Construction & usage du Demi-cercle.

CEt Instrument est d'environ un pied de diamétre : il n'est divisé qu'en 90 dégrés, & chaque dégré se subdivise ordinairement en quatre parties qui valent 15 minutes chacune. Il y a deux pinules A & B attachées aux extrémités de son diamétre, & une autre, comme C, ajustée de maniére qu'elle coule autour de la circonférence du Demi-cercle, afin de recevoir le rayon de l'Astre. La pinule A est percée comme celle F, & celle B, comme la même F, mais fendue ; & à l'égard de celle marquée C, elle est faite comme F, ou comme G, selon que l'on s'en servira par-devant ou par-derriere. Fig. 10.

L'usage du Demi-cercle est pour prendre hauteur en mer. Il faut faire ici les mêmes attentions qu'à l'Arbalestrille, si l'on prend hauteur par-devant ou par-derriere.

Au premier cas il faut mettre l'œil à l'ouverture de la pinule A, regarder l'Horison par les pinules A & B, & hausser ou baisser la pinule C, en la glissant sur les dégrés de la circonférence, jusqu'à ce que le rayon de l'Astre passant par la fente ou petit trou de cette pinule, rencontre l'autre pinule en A. Pour lors les dégrés compris en l'Arc B C marqueront la hauteur de l'Astre. Si c'est le Soleil que l'on veut observer, il est plus commode de lui tourner le dos à cause de sa grande lumiére, en mettant l'œil à la pinule B, & regardant l'Horison par les pinules B & A, & haussant ou baissant la pinule C, en sorte que le rayon du Soleil passant par cette pinule vienne se rendre à l'ouverture de la pinule A ; alors l'arc B C marquera la hauteur du Soleil sur l'Horison.

Il est à remarquer que comme l'angle B A C a son sommet à la circonférence, il n'a pour sa mesure que la moitié de l'arc B C, sur lequel il est appuyé, & c'est pour cette raison que l'on a divisé tout le Demi-cercle en 90 dégrés au lieu de 180 qu'il devroit contenir.

Remarques générales sur les différentes maniéres de prendre hauteur.

PRemiérement il ne suffit pas de sçavoir précisément quel dégré vous donnera l'Instrument dont vous vous êtes servi, ni d'avoir fait les réductions convenables si vous avez pris hauteur par-devant ou par-derriere. Nous avons expliqué dans notre Traité de l'*Usage des Globes* (*Liv. I. Chap. X. Sect. VI. page* 45.) les raisons pour lesquelles un Astre au-dessous de 50 dégrés devoit paroître, & paroît en effet plus haut qu'il n'est réellement à cause de la nature de notre Atmosphére, qui recourbe les rayons qui viennent de l'Astre à l'œil, ce qu'on appelle *Réfraction*, dont nous avons donné une Table à la fin de ce même Livre des *Globes*. Quoiqu'il en soit, ajoûtons ici pour l'utilité du Public cette Table des Refractions des Astres.

Hauteurs apparentes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	20	30	50d.
Réfractions ou excès	32′	27′	21′	16′	12′	10′	9′	8′	7′	6′	5′	4′	3′	2′	1′m.

Si donc un Astre paroit élevé de 20 dégrés sur l'Horison, il en faut

ôter la Réfraction convenable, qui est ici 3 minutes, la véritable hauteur ne sera donc plus que de 19 dégrés 57 minutes.

XXIV. Planche. Fig. 10. 2me Remarque. Si l'on s'est servi de pinules pour faire passer les rayons venans de l'Astre à l'œil par une fente ou trou, cet Astre a envoyé dans le plan opposé aux pinules l'image renversée de son Disque, ensorte que sa partie supérieure est imprimée en bas & son inférieure en haut, ce qui produit pour le Soleil un excès de 15 minutes de chaque côté; & le milieu de l'image étant pris pour le centre de l'Astre on aura sa véritable hauteur, toute réduction nécessaire faite d'ailleurs.

3me Remarque. Si l'on ne s'est pas servi de pinules fendues ou percées d'un trou, mais seulement de l'extrémité d'un Marteau, dont le bord sert de ligne de foi (ce qui est ordinaire quand on se sert de l'Arbalestrille ou du Quartier Anglois par la raison de la deuxiéme remarque) ce ne sera que de la partie supérieure de l'Astre, que ses rayons viendront frapper la retine de l'œil, où cette partie fera ombre sur le Marteau; ce qui fera paroître l'Astre trop haut de la moitié de son Disque, qui est au Soleil de 30 minutes en total, & dont 15 minutes sont à diminuer de la hauteur marquée sur l'Instrument, soit qu'on l'ait prise par-devant ou par-derriére. Il suffit de jetter les yeux sur la figure 6 & 7. Planche 24.

Fig. 6. & 7. Nous supposons qu'on a fait aussi toutes les autres réductions dont nous avons parlé, c'est-à-dire, qu'on a eu égard 1°. à l'élévation de l'Observateur sur le niveau de la mer, 2°. à la maniére dont on a pris hauteur par-devant ou par-derriere, 3°. à la réfraction, 4°. enfin à la façon des pinules. Lorsqu'on prend hauteur avec des anneaux, Astrolabes, ou Quarts de cercle suspendus ou garnis d'un plomb; ou d'un Niveau d'air, il n'est question que de prendre le milieu du Disque de l'Astre & d'en déduire la réfraction, si cet Astre est moins élevé que de 50 dégrés sur l'Horison.

Trouver à toute heure la Latitude du lieu où l'on est par la hauteur du Soleil ou d'un autre Astre.

Il faut d'abord connoître la déclinaison d'un Astre; ensuite observer sa hauteur sur l'Horison avec un des Instrumens dont nous venons de parler: Or la hauteur du Soleil, par exemple, est le point où cet Astre est à midi, laquelle se prend pour connoître la hauteur du Pôle. Quand donc le Soleil passera au Méridien, alors on connoîtra infailliblement (par les Usages 10e & 52e du 3e Liv. de notre Traité de l'*Usage des Globes*) la Latitude du lieu où l'on est, laquelle est toujours égale à la hauteur du Pôle. Car Latitude & hauteur de Pôle sont la même chose.

On pourra aussi trouver à toute heure la Latitude du lieu où se fait l'observation par les usages 13, 14 & 15me de notre *Traité des Astrolabes* page 163 & suiv. quoiqu'il y ait un peu plus de façon.

Exemple: Ayant pris en un jour quelconque justement à Midi la hauteur du Soleil, cherchez sur la Table à ce même jour, la Déclinaison de cet Astre. Or cette Déclinaison est ou septentrionale, autrement dite Boréale, ou Méridionale.

Si elle est Septentrionale (qui est depuis le 20 Mars jusqu'au 22 Septembre, ou depuis *Aries* jusqu'à *Libra*) ôtez cette déclinaison de la hauteur du Soleil, & le reste sera la hauteur de l'Equateur; or cette hau-

teur étant soustraite de 90, le reste sera la hauteur du Pôle. Ainsi le Soleil étant, par exemple, au premier dégré du *Cancer*, sa hauteur à Midi est à Paris de 64 dég. 30 min. & sa déclinaison Boréale de 23 dég. 30 min., laquelle déclinaison étant ôtée de 64 dég. 30 min. qui est alors sa hauteur, il restera 41 dég. pour la hauteur de l'Équateur, duquel le complément jusqu'à 90 est 49, qui sera la hauteur du Pôle à Paris.

Si au contraire la Déclinaisou du Soleil étoit Méridionale (qui est depuis le 22 Septembre jusqu'au 20 Mars) il faudroit y ajoûter la hauteur Méridienne; & alors le total seroit la hauteur de l'Equateur. Ainsi le 22 Décembre le Soleil à Midi est élevé à Paris de 17 dég. 30 min. & sa Déclinaison est de 23 dég. 30 min. laquelle ajoûtée à 17 dég. 30 min. le total est 41, dont le complément 49 sera la Latitude du lieu où l'on est.

Mais si le Soleil n'avoit point de déclinaison, comme au commencement d'*Aries* & de *Libra*, sa hauteur seroit celle de l'Equateur, laquelle étant soustraite de 90, le reste seroit la hauteur du Pôle. Si en ce même tems-là le Soleil étoit élevé juste de 90 dég. à Midi, ce seroit une marque que l'on seroit sous la ligne Equinoctiale: & n'y ayant point alors de hauteur de Pôle, il n'y auroit point de Latitude.

En prenant exactement la hauteur du Soleil à toutes les heures du jour, on pourra faire des Tables des hauteurs du Soleil sur l'Horison, mais elles se sont bien plus justes par le calcul.

CHAPITRE III.

De la construction & des usages des Instrumens nécessaires à mesurer la quantité de chemin que fait un vaisseau.

De l'Horloge.

On ne se sert pas sur mer de Pendule, ce qui seroit très-utile à cause de la régularité de son mouvement, parce que d'une part la roüille se prend bien-tôt à l'acier le mieux poli, & de l'autre quelques balanciers ou pivots qu'on place à une Pendule, elle s'arrête par le mouvement du vaisseau, ou au moins sa régularité en est interrompue.

On peut se servir de Montres de poche à ressort spiral & à minutes, faites par un bon Horloger, comme Mr le Roy. Dans les vaisseaux on se sert ordinairement de trois Sabliers de différentes durées. L'un est de quatre heures; il sert à régler le tems de la course, & celui du service que l'équipage doit faire, ce qui s'appelle en terme de Marine faire le quart, parce que pendant quatre heures qu'une partie se repose, l'autre manœuvre. L'autre Sablier est d'une heure, pour les usages communs; & le troisiéme est d'une demi-minute, pour estimer la course du vaisseau.

Ils sont tous trois composés de deux phioles de verre renversées l'une sur l'autre, dont les embouchures sont fermées d'une feuille de clinquant, laquelle est percée d'un petit trou qui sert à l'écoulement du sable de la phiole supérieure dans l'inférieure, pendant le tems qu'on a voulu régler

le Sablier. On sçait que, plus il y a de sable, plus longue est la durée de son écoulement, & que plus le trou est grand moindre est cette durée. C'est pourquoi le Sablier d'une demi-minute est petit, & a un grand trou dans la feuille de clinquant qui sépare les deux phioles.

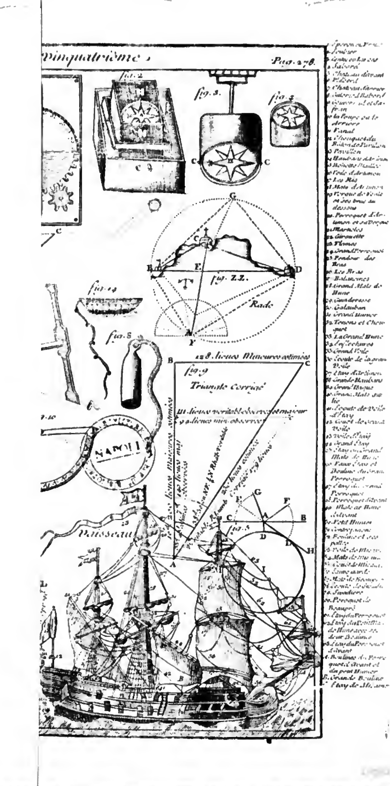
Tout le monde sçait la maniére d'user de ces Sabliers, qui ont cette incommodité de ne pas marquer précisément les différentes parties du tems de leur durée, comme feroit une Pendule à secondes. Mais on pourroit y remédier en substituant un tuyau long & étroit à la place d'une phiole. A est la phiole ordinaire, B le tuyau substitué en place de la seconde phiole; ce tuyau contient tout le Sable de la phiole. On applique cette machine à un morceau de bois long & étroit, & l'on marque à côté du tuyau sur le bois les quarts ou minutes d'heure, à proportion que le tuyau s'emplit; on suspend la planche dans un sens contraire, quand la phiole est vuide, & l'on marque à côté du tuyau les quarts d'heure ou minutes, à proportion qu'il se vuide dans la phiole. C'est pourquoi l'on a mis deux anneaux à la planche, l'un en haut & l'autre en bas. Pour faire ces divisions, qui sont toutes inégales, on se sert d'une Pendule bien juste. Au lieu que les autres Sabliers se tiennent sur leur assiette, celui-ci se suspend.

XXIV. Planche. Fig. 13.

On pourra encore y marquer les secondes, en faisant un pendule composé d'une balle de mousquet attachée à un fil de 36 pouces 8 lignes & demie de long, à prendre depuis le centre de la balle jusqu'au point où tient le fil attaché. Ce pendule étant en mouvement, chaque vibration, c'est-à-dire, chaque allée & revenue sera d'une seconde de tems; ainsi 30 vibrations vaudront une demie minute ou 30 secondes de tems; 60 vibrations une minute, &c. Il n'importe pas que les vibrations soient grandes ou petites; car si elles sont grandes, la balle va plus vîte; si elles sont petites, la balle va plus doucement. Faites une marque à côté du tuyau à l'endroit où en sera le Sable à chaque seconde, & la division sera faite pour les secondes: Vous opérerez de même pour les minutes.

Usage de l'Horloge de 30 secondes ou d'une demie-minute.

IL y a plusieurs choses qui contribuent à faire courir un vaisseau, plus ou moins vîte; comme la force du vent, la maniére, la quantité qu'il frappe de voiles, la construction, le lest, &c. Il faut avoir recours à quelques régles constantes & uniformes. Une des plus ordinaires, c'est de mesurer la longueur du vaisseau, & de se servir de cette mesure pour compter combien l'eau ou l'écume de la mer venant de l'avant à l'arriére, c'est-à-dire, de la proue à la poupe, parcourra de toises pendant une minute, lesquelles toises étant multipliées par 60, on aura les toises courues en une heure; & ces toises étant divisées par 2853 (qui sont les toises que contient une lieue d'un grand cercle de la Sphére) le quotient donnera la quantité de lieues qu'on aura couru par heure. On trouve que 48 toises en une minute donnent une lieue par heure: si donc un floccon d'écume, qui est comme immobile sur l'eau, coule l'espace de 48 toises pendant une minute, le navire fera une lieue par heure, & 24 toises donneront une demie-lieue, &c. Si l'on se sert d'une Horloge de demi-minute, un navire fera une lieue par heure, le long duquel l'écume avan-


vinquatrième
Pag. 278.
fig. 2
fig. 3
fig. 4
fig. 22.
Rade
fig. 14
fig. 8
128 lieues Mineures estimées
fig. 9
Triangle Corrigé
NAPOLI
Vaisseau
fig. 5

cera de 24 toises en 30 secondes ; il sera une demie-lieue par heure, si l'écume n'avance que de 12 toises ; & ainsi à proportion.

Cette observation du courant de l'eau par l'écume, qui glisse contre les bords du vaisseau, se doit toujours faire sous le vent, à cause que les vagues du côté du vent se battant contre les bords, causent à l'eau des mouvemens extraordinaires, ce qui n'arrive pas sous le vent.

Ainsi supposons un vaisseau à vingt-quatre toises de long de proue en poupe. Un flocon d'écume glisse le long de ce vaisseau en 30 secondes : on demande combien ce vaisseau fait de chemin en trois heures. Pour le sçavoir, multipliez les toises par le nombre de fois dont 30 secondes sont contenues en trois heures, en divisant le produit par 2853, alors le quotient donnera trois lieues parcourues en trois heures.

Du Loch, & de son usage.

Le Loch est un morceau de bois d'environ un pied de long, taillé comme le fond d'une barque, garni de plomb sous son fond pour lui servir de lest, auquel est attachée une ligne ou ficelle menue marquée d'un nœud ou autrement pour chaque toise. Fig. 14.

On fait usage du Loch en le jettant en mer par l'arriére du vaisseau, & l'on file la ligne jusqu'à ce que cet Instrument soit hors de la remorque, c'est-à-dire, du vaisseau ; après quoi l'on commence à compter les toises de la ligne qu'on file pendant une demie-minute, & si l'on en file 6 toises, c'est une preuve que le navire fait un quart de lieue par heure ; si l'on en file 24 toises, il fait une lieue, &c. On sçait combien on file de toises en comptant les nœuds marqués sur la ligne que le Loch supposé immobile sur l'eau tire à lui, comme dans l'exemple précédent sur l'écume qu'il faut supposer immobile sur l'eau.

Ceci n'a pas besoin d'autre exemple que celui ci-dessus. Tout le monde sçait combien un pareil calcul est sujet à erreur ; aussi faut-il souvent le rectifier, en observant les latitudes & longitudes, comme nous avons appris à le faire dans notre Traite *de l'Usage des Globes* ; cependant il faut se contenter des seuls moyens qu'on a, pour sçavoir ce qu'on fait de chemin sur les eaux.

CHAPITRE IV.

Construction du Quartier-de-réduction.

Le Quartier-de-réduction est dans la Navigation ce que le treillis est dans la Géométrie. C'est un Instrument dont se servent les Pilotes pour réduire les routes de leur Navigation. Il est composé de plusieurs Quarts-de-cercle qui ont le même centre A, & de plusieurs Lignes droites paralléles ; ces Quarts-de-cercle & ces Lignes sont à distances égales. XXV. Planche.

On peut prendre l'un de ces Quarts-de-cercle comme B C, pour le quart de chaque grand cercle de la Sphére, & principalement pour le quart de l'Horison & du Méridien ; mais le centre A sera toujours le point

du départ du navire. En le prenant pour quart de l'Horison, l'un de ses côtés, tel qu'on voudra, comme AA, représentera la ligne Nord & Sud, qui est la Méridienne. L'autre côté AC, qui fait angle droit avec la Méridienne, représentera la ligne Est & Ouest.

Toutes les autres Lignes paralléles au côté A B sont des Méridiens, & toutes celles qui sont paralléles au côté A C sont des lignes Est & Ouest.

Ce Quart-de-cercle est divisé premiérement en 8 parties égales, par 7 rayons tirés du centre A, pour représenter les huit quarts-de-vent de chaque quart de la Boussole ou de l'Horison. Chacun de ces quarts-de-vent vaut 11 dégrés 15 minutes, comme nous avons dit ci-devant en parlant de la Boussole.

La circonférence B C est aussi divisée en 90 dégrés, & chaque dégré est subdivisé de 12 en 12 minutes par le moyen des lignes transversales, tirées de dégré en dégré, & de 6 cercles concentriques, y compris les deux extrêmes. On attache de plus au centre un fil, comme A L, lequel étant arrêté sur tel dégré que l'on veut du Quart-de-cercle, sert à diviser l'Horison de telle maniére qu'on le juge à propos.

Tous les rayons, qui partent du centre A, sont autant de sécantes des dégrés qu'ils coupent; toutes les lignes perpendiculaires à AC, qui joignent ces rayons dans l'enceinte du Quart-de-cercle, sont des Sinus de ces arcs dont ils joignent la sécante, & ceux perpendiculaires à A B, sont les Sinus de complément de ces mêmes arcs; les lignes perpendiculaires à A C, qui joignent ces mêmes rayons hors l'enceinte des Quarts-de-cercle, sont des tangentes de ces arcs. Ainsi l'on a sur le Quartier-de-réduction les Sinus des arcs, les sinus complémens, les tangentes & les sécantes de tous les dégrés du Quart-de-cercle.

Si l'on prend le Quartier-de-réduction pour un quart du Méridien, l'un des côtés, comme A B, se pourra prendre pour l'un des rayons communs, du Méridien & de l'Equateur, & l'autre côté A C sera la moitié de l'axe du monde. Les côtés paralléles à A C donneront les longitudes; les dégrés de la circonférence B C représenteront les dégrés de latitude; & les paralléles au côté A B (perpendiculaires sur A C, prises depuis chaque point de latitude jusqu'à l'axe A C) feront les rayons des paralléles de ces latitudes, & en même tems les sinus de complémens de ces mêmes latitudes.

La figure de la planche 25 fait assez connoître le reste de la construction de cet Instrument.

Usage du Quartier-de-réduction.

POur faire usage du Quartier-de-réduction, on forme sur cet Instrument des Triangles semblables à ceux de la Navigation, & les côtés de ces Triangles sont mesurés par les intervalles égaux qui sont entre les Quarts-de-cercle & entre les Lignes Nord, Sud, Est & Ouest.

On a distingué ces cercles & ces lignes, en les marquant de 5 en 5 par des traits plus gros que les autres; de sorte que si l'on prend chaque intervalle pour une lieue, il y aura cinq lieues depuis une grosse Ligne droite jusqu'à l'autre, de même que depuis une grosse Ligne circulaire jusqu'à l'autre aussi circulaire; mais si l'on prend chaque intervalle pour quatre lieues,

lieues, il y aura 20 lieues de Marine qui font un dégré de grand cercle depuis un gros trait jusqu'à l'autre.

Cette régle est générale, quand il ne s'agit que de trouver, ou de marquer sur le Quartier-de-réduction les parties d'un grand cercle en dégrés ou en lieues. Par exemple, si j'ai couru sous un même Méridien 100 lieues, je prens sur la ligne A B, 5 gros traits, ainsi que sur toutes les Lignes paralléles à A B. Or chaque gros trait vaut 20 lieues ou 1 dégré de grand cercle représenté par A B. De même sur les rayons qui partent du centre A vers la circonférence du Quart-de-cercle, toutes ces Lignes représentent de grands Cercles, qui ont le centre commun avec celui du monde; & sur ces Lignes les arcs marqués d'un gros trait valent chacun 20 lieues ou un dégré.

On appelle les lieues marquées sur le côté A B ou ses paralléles, & sur les rayons qui partent du point A vers la circonférence, *lieues majeures*.

Il n'en est pas de même des Lignes paralléles au côté A C, lesquelles ne représentent que des cercles paralléles à l'Equateur. Ces cercles n'ont point leur centre commun avec celui du monde; & leurs circonférences, quoique divisées en 360 dégrés, diminuent toujours en étendue depuis l'Equateur jusqu'au Pôle, où elles viennent se réduire à un seul point. D'où il suit que les lieues qui sont comprises dans un dégré de ces circonférences sont moindres à proportion que le cercle approche du Pôle, ce qui fait qu'on appelle ces *lieues mineures*. C'est pourquoi il y a moins de chemin à faire pour changer de Longitude que pour changer de Latitude.

Comme dans tout triangle de Navigation le côté paralléle à A C, qui donne la longitude, est marqué en lieues mineures, c'est une nécessité indispensable, pour avoir les dégrés de longitude, qui se comptent sur l'Equateur, de sçavoir réduire ces lieues mineures en lieues majeures, telles qu'elles sont sur ce cercle, où chaque dégré est composé de 20 lieues majeures.

Dans le triangle de Navigation A E D dressé suivant les régles que nous expliquerons ci-après, le côté A E, qui représente un Méridien qui est un grand cercle, donne 125 lieues majeures à raison de 20 au dégré, ou 6 dég. & 1 quart; le côté A D, qui est encore un grand cercle, en donne 150 par les arcs; le côté E D, qui représente un petit cercle paralléle à l'Equateur, donne 83 lieues mineures. Il faut sçavoir ce que ces lieues *mineures* valent de dégrés de longitude; & pour cela il les faut convertir en lieues *majeures*, afin que 20 lieues puissent valoir un dégré sur l'Equateur, & juger par leur nombre de la quantité de dégrés de longitude. Ainsi supposons que l'on veuille sçavoir combien 83 lieues mineures vers l'Est valent de dégrés de longitude sur la paralléle de 48 d. de latitude, il faut premiérement tendre le fil sur les 48 d. de latitude, & compter les 83 lieues proposées sur le côté A B, en commençant du centre A; elles se termineront au point H, en prenant chaque petit intervalle pour 4 lieues, ou les intervalles des gros traits pour 20 lieues. Il faut ensuite conduire du point H la paralléle H G jusqu'au fil; alors la partie du fil depuis A jusqu'en G (rayon du Méridien) montrera 125 lieues majeures, valeur de 6 d. 15 m. à raison de 20 lieues par dégré & 3 min. pour une lieue; ce qui fait connoître que les 83 lieues mineures A H, qui sont la différence en longitude de la route supposée, & qui sont

égales au rayon du paralléle G I, valent 6 dég. 15 min. de ce paralléle.

Mais si l'on veut réduire cent lieues mineures en dégrés de longitude sur le paralléle de 60 d., il faut premiérement tendre le fil sur 60 d., compter les cent lieues de longitude le long du côté A B; & le paralléle qui les terminera étant conduit au fil, retranchera le long du fil, à prendre depuis le centre, 200 lieues majeures qui valent 10 d. c'est-à-dire, que 100 lieues sur le paralléle de 60 d. valent 10 d. de longitude, parce que chaque dégré d'un grand cercle est double d'un dégré du paralléle de 60 dégrés.

Si au contraire on veut réduire, par exemple, 125 lieues majeures ou 6 d. 15 m. de longitude sur le paralléle de 48 d. en lieues mineures; il faut, après avoir tendu le fil sur ces 48 d. de latitude, compter le long du fil les 6 d. 15 m. ou 125 lieues majeures depuis A jusqu'en G, tirer la ligne G I, en compter les intersections, & alors G I donnera 83 lieues mineures, valeur de 6 dég. 15 min. sur le paralléle proposé. Comme aussi 9 d. 21 min. ou 187 lieues majeures sur le même paralléle étant comptées depuis A jusqu'en L, donneront 125 lieues mineures sur L C rayon de ce paralléle, en comptant aussi les intersections.

On fait ces opérations par le calcul de deux maniéres, 1°. en réduisant par exemple, 168 lieues mineures en lieues majeures, ou en dégrés de longitude sur le paralléle de 50 dég. de latitude; & alors on fait cette régle de proportion.

Si le sinus de 40 d. 64279 complément de 50 d. donne 168 lieues mineures, combien le sinus total 100000. La régle étant faite, le quotient donnera 261 lieues majeures, qui valent 13 d. 3 m. à raison de 20 lieues par dégré.

2°. En réduisant, si l'on veut, par exemple, 20 lieues majeures, (ou 1 d. de longitude) en lieues mineures sur le paralléle de 30 d. de latitude, on fait cette régle de proportion: Comme le sinus total 100000 est à 20 lieues, ainsi le sinus de 60 d. (complément de 30 d.) lequel est 86603, donnera pour quatriéme terme 17 lieues mineures $\frac{32}{100}$ sur le paralléle de 30 d. C'est sur ce principe que la Table ci-dessous a été calculée pour toutes les latitudes de 5 en 5 dégrés.

Table des lieues & centiémes de lieue d'un dégré de longitude sur chaque paralléle de 5 en 5 dégrés de latitude.

Latitudes.	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Lieues.	20	19 $\frac{93}{100}$	19 $\frac{70}{100}$	19 $\frac{33}{100}$	18 $\frac{70}{100}$	18 $\frac{13}{100}$	17 $\frac{32}{100}$	16 $\frac{38}{100}$	15 $\frac{32}{100}$

Latitudes.	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Lieues.	14 $\frac{14}{100}$	12 $\frac{86}{100}$	11 $\frac{47}{100}$	10	†	8 $\frac{45}{100}$ 6 $\frac{84}{100}$	5 $\frac{18}{100}$	3 $\frac{47}{100}$	1 $\frac{67}{100}$

Quand on a parcouru une route oblique, c'est-à-dire, qui n'est exactement ni Nord ou Sud, ni Est ou Ouest, ces routes outre les lieues majeures Nord & Sud, donnent des lieues vers l'Est ou vers l'Ouest, qu'il faut réduire en dégrés de longitude. Mais ces lieues que l'on appelle mi-

neutes, n'ont été faites ni sur le paralléle du départ, ni sur celui de l'arrivée, ayant été faites sur tous les paralléles qui sont entre deux, & qui sont tous inégaux ; c'est pourquoi on a été obligé d'en chercher un qui fût moyen proportionnel entre eux, & on l'a appellé pour cela *moyen paralléle*, lequel sert à réduire en dégrés & en minutes de l'Equateur les lieues qu'on a faites en parcourant divers paralléles, dont les dégrés deviennent plus petits à mesure qu'ils s'éloignent de l'Equateur en allant vers les Pôles.

Il y a plusieurs méthodes pour trouver ce moyen paralléle. Mais la plus facile est celle, qui se fait par l'Echelle réduite des Latitudes croissantes & sans calcul, que l'on voit gravée sur cette Planche 25 à côté du Quartiet-de-réduction.

Soit proposé pout exemple, de ttouver le moyen paralléle entre 40 & 60 d. de latitude. Prenez avec un Compas sur cette Echelle le milieu d'entre 40 & 60 d. Ce point milieu se terminera vis-à-vis de 51 d. qui sera par conséquent le moyen paralléle de cette route.

Remarquez que comme cette Echelle est en deux lignes, il faudra prendre l'espace depuis 40 d. de latitude jusqu'à 45, qui est d'un côté, & le porter sur une ligne droite ; prendre ensuite l'espace depuis 45 jusqu'à 60, qui est de l'autre côté, pour ne faite qu'une ligne de ces deux espaces joints ensemble, puis diviser cette ligne en deux également ; & portant une moitié sur l'Echelle, mettre une pointe du Compas sur le nombre 40, alors l'autre pointe ira se terminer au nombre 51, qui sera le moyen paralléle que l'on cherche. Après quoi il sera facile de réduire les lieues parcourues vers l'Est en dégrés de longitude par le Quartier-de-réduction, consideré comme quart de Méridien de la maniére que nous venons de le démontrer par plusieurs opérations.

On trouve la même chose par le calcul en deux maniéres. Si l'on demande, par exemple, le moyen paralléle entre la latitude du départ 40 d. & celle de l'arrivée 60 d. ; on ajoûte les sinus complémens de 40 & 60 d. sçavoir les sinus de 50 & de 30 d. lesquels sont 76604 & 50000. Et leur somme, 126604 étant divisée par moitié, sera 63302, sinus complément du moyen paralléle, lequel se trouve dans la Table des Sinus répondre à 50 d. 44 m. Dans les petites routes on a plutôt fait d'ajoûter 40 d. à 60 d. & prendre le milieu 50 dég. pour moyen paralléle cherché.

Si une route étoit entre deux latitudes de différentes dénominations, comme si l'on avoit parcouru S E depuis le 20 d. de latitude N. jusqu'au 30 d. de latitude S. on prendroit le moyen paralléle de la plus grande latitude (qui est ici Sud) sur lequel on réduiroit les lieues mineures en majeures & en dégrés de longitude.

Quand on sera bien versé dans la maniére de trouver le moyen paralléle d'une route, & de réduire les lieues mineures en majeures ou les lieues majeures en mineures ; les lieues mineures en dégrés de longitude, & les dégrés de longitude en lieues mineures, il sera aisé de faire assez exactement les Triangles & les opérations de la Navigation sur le Quartier-de-réduction, comme nous allons l'enseigner par cinq exemples, qui renfermeront les principales régles & les differens cas que l'on peut supposer.

I. EXEMPLE.

XXV. Planche.

Supposons le point de départ d'un vaisseau au 49 d. 48 m. de latitude N, & au 2 d. 15 m. de longitude; ce vaisseau est arrivé par les 43 d. 33 m. de latitude aussi N, & par les 352 d. 3 m. de longitude. On connoît deux choses, sçavoir la latitude & la longitude courues, au moyen desquelles il est aisé de faire sur le Quartier-de-réduction le triangle semblable à celui de la navigation, & par-là connoitre les deux choses inconnues; sçavoir, le Rhumb de vent qu'a tenu le vaisseau, & les lieues qu'il a fait de chemin, s'il a fillé en ligne droite, en raisonnant ainsi. Le vaisseau est venu d'une plus grande latitude N à une moindre aussi N. Donc il a couru S. Or de 49 d. 48 m. du départ, ôtez-en 43 d. 33 m. aussi N, restent 6 d. 15 m. pour la latitude courue vers S; & ces 6 d. 15 m. valent 125 lieues à 20 au dégré. C'est le premier côté du triangle.

Mais si le vaisseau est venu d'une moindre longitude à une plus grande, & que cette plus grande longitude se trouve plus grande que celle du départ de plus de 180 d. le vaisseau aura couru vers O. Si de 2 d. 15 m. du départ vous voulez en ôter 352 d. 3 m., cela ne se peut. Ajoutez donc 360 à 2 d. 15 m., & vous aurez 362 d. 15 m. dont ôtant 352 d. 3 m. resteront 10 d. 12 m. de longitude courue vers O. Or ces 10 d. 12 m. de longitude réduits en lieues mineures en valent 140, c'est le second côté du Triangle. Vous sçavez que le centre A du Quartier-de-réduction sera toujours pris pour le point de départ.

Maintenant pour tracer sur le Quartier-de-réduction le Triangle semblable à celui de la Navigation ci-dessus, comptez de A vers B les 6 d. 15 m. de Latitude N convertis en 125 lieues majeures au point E: & vous aurez le premier côté. Du point E conduisez la paralléle à A C., & comptez sur cette ligne du point E 140 lieues (qui sont lieues mineures, ausquelles on a réduit les 10 d. 12 m. de Longitude courue) & ces lieues finissant au point L, vous donneront le second côté & les deux choses connues. Pour achever le Triangle de Navigation droit en E, il n'y a qu'à tirer la ligne L A, & vous aurez le Triangle fait A E L: dont L A, que vous venez de trouver, donnera le rhumb de vent qu'on cherchoit. Et comptant les dégrés sur le Quart de cercle B C de B en C, vous lirez 48 dég. 15 m. ou S O 3 d. 15 m. O, pour le rhumb de vent que le vaisseau a tenu. Enfin comptez du point A sur la ligne A L tous les arcs qui coupent cette ligne jusqu'à L; & vous aurez 188 lieues en supposant que chaque arc vaille 4 lieues, comme chaque trait a valu 4 lieues sur A E. Pour avoir toute cette opération au net, vous en écrirez les articles comme vous voyez ci-dessous.

Latitude du départ N.	49 dég.	48 m.	
Latitude de l'arrivée N	43	33	
Donc la différence en Latitude S	6	15	. . . Premier côté 125 lieues majeures à 20 au dégré.
Moyen paralléle entre le départ & l'arrivée $\frac{49}{43}$.	46	40	

Longitude du départ 2d. 15 m. } Sur le moyen paralléle de
Longitude de l'arrivée 352 3 } 46 d. 40 m.
Donc la différence en Longitude O 10 12 } 2[me] côté 140 lieues min. O.

Donc le rhumb de vent SO 3. 15 m. O. } 3[me] côté du triangle ou
Donc les lieues de distance sont 188 } son hypotenuse.

Autre exemple dans le même cas, mais où les Latitudes sont de différentes dénominations & la Longitude vers E.

Le point de départ est supposé à 5 d. de Latitude N, & à 358 d. de Longitude : l'arrivée à 7 d. de Latitude S, & 9 d. de Longitude. Quel est le rhumb de vent qu'on a tenu, & combien a-t-on fait de lieues? XXV. Planche

Le vaisseau est venu du N au S ; donc il a couru S, parce qu'il a couru 5 d. dans le N, & 7 d. dans le S. Ajoûtez ces deux sommes ; la Latitude courue sera de 12 d. S, qui valent 240 lieues majeures, à 20 au dégré. C'est le premier côté du Triangle.

Le vaisseau est venu de 358 d. de Longitude, à 9 d.; donc il s'est avancé vers E de 11 d. Or ces 11 d. sur le moyen paralléle (qui n'est pris ici que dans la Latitude S, parce qu'elle est la plus grande des deux dénominations) valent 219 lieues mineures E. C'est le second côté du Triangle.

Pour tracer le Triangle sur le Quartier-de-réduction, comptez de A en B, les 12 d. de Latitude S convertis en 240 lieues majeures, au point B. Voilà le premier côté. Du point B conduisez la paralléle à A C, & comptez sur cette ligne du point B 219 lieues mineures, ausquelles ont été réduits les 11 d. de Longitude courues ; ces lieues finiront au point M. Voilà le second côté & les deux choses connues. Pour achever le Triangle de Navigation droit en B, il n'y a qu'à tirer la ligne M A, & vous aurez le Triangle fait A B M, dont M A, que vous venez de trouver, donnera le rhumb de vent que vous cherchiez ; & comptant les dégrés sur le Quart de cercle B C, de B en C, vous lirez au point qu'il est coupé par A M, 47 d. 40 m. ou S E 2 d. 40 m. E, pour le rhumb que le vaisseau a tenu. Enfin comptez du point A, sur la ligne A M, tous les arcs qui coupent cette ligne jusqu'en M, & vous aurez 325 lieues de distance courues, supposant que chaque arc vaille 4 lieues, comme chaque trait a valu 4 lieues sur A B. Mettez cette opération au net, pour l'avoir présente au premier coup d'œil.

Latitude de départ N 5 dég.
Latitude d'arrivée S 7
Donc la différence en Latitude S 12 . . . Premier côté 240 lieues majeures à 20 au dégré.
Moyen paralléle entre les latitudes de départ & d'arrivée pris seulement du plus grand côté en S } 3 d. 30 m.

Longitude du départ. 358 dég. } Sur le moyen paralléle de
Longitude d'arrivée 9 } 3 d. 30 m.
Donc la différence en longitude E 11 . . . . 2[me] côté 219 lieues min. E.

Donc le rhumb de vent S E 2 d. 40 m. } 3[me] côté ou l'hypotenuse
Donc les lieues de distance sont 325 } du Triangle de Navigation droit en B.

On voit que la justesse des opérations dépend de la grandeur du Quartier de réduction ; mais si l'on travaille par le calcul des sinus, elle sera bien plus juste pour trouver le moyen paralléle, la réduction des lieues, & le troisiéme côté du Triangle de Navigation. En voici un exemple dans le premier cas ci-dessus.

Dans le Triangle A B C rectangle en B vous connoissez le côté A B de XXIV. Planche. Fig. 4. 125 lieues ou 6 d. 15 m. de Latitude. Connoissant le moyen paralléle de la Latitude & les dégrés de Longitude, vous aurez le côté B C (en réduisant, comme il est dit par le calcul, les lieues majeures des dégrés de Longitude en lieues mineures) 219.

Reste donc à avoir les angles A C, & le côté qu'ils comprennent. Or pour avoir la distance A C, ajoûtez les quarrés de 125 & de 219 ensemble, & la racine quarrée de la somme vous donnera pour distance A C, 188 lieues majeures. Ensuite faites cette analogie : 188 sont au sinus de 90 d. comme 219 au sinus de l'Angle A, 48 d. 15 m. dont le complément 41 d. 45 m. est l'angle C.

II. EXEMPLE.

On est parti de 44 d. 45 m. de Latitude N. & de 40 d. de Longitude.
XXV. Planche. Supposons que l'on ait couru 150 lieues N - E $\frac{1}{4}$ N. Nous avons deux choses connues, sçavoir le rhumb de vent & les lieues de distance courues, par le moyen desquels on peut former sur le Quartier-de-réduction un Triangle semblable à celui de la Navigation, pour trouver le reste qui nous est inconnu.

Du centre A, pris pour le point de départ sur le Quartier-de-réduction, on comptera le long du Rhumb de vent supposé A D, les 150 lieues de distance jusqu'en D ; en observant que chaque arc marqué d'un gros trait est ici pris pour 20 lieues marines. Or ce point D sera le lieu d'arrivée que l'on marquera par une petite pointe. Ainsi pour former le Triangle rectangle A E D semblable à celui de la Navigation, le côté A E de ce Triangle donnera 125 lieues de différence en Latitude vers N qui valent 6 d. 15 m. à 20 lieues par dégré. C'est le premier côté du Triangle. Ensuite on conduira de D, lieu de l'arrivée, la ligne D E paralléle à A C, laquelle finira en E ; & comptant les intersections, elle donnera au second côté du Triangle, 83 lieues mineures vers l'E. Au moyen de quoi le troisiéme côté se trouvera donné. Donc on aura tout le Triangle.

Ces lieues réduites sur la paralléle de 48 d. environ de Latitude (moyen paralléle trouvé entre la Latitude de 51 d. N. & 44 d. 45 m. aussi N, lieu de départ) donneront 125 lieues majeures, ou 6 d. 15 m. de Longitude, qu'on sera avancé d'O en E. Donc le départ étant à 44 d. 45 m. de Latitude N, on est venu au 51 d. de Latitude aussi N ; & supposant qu'on soit parti du 40 d. de Longitude, on sera arrivé au 46 d. 15 m. de Longitude.

Pour mettre cet exemple au net, il suffira de suivre les modéles ci-

dessus exposés pour le premier cas, & chaque article dans le même ordre qu'on l'y voit.

On a le second exemple par le calcul, en disant au Triangle A B C droit en B, pour avoir le côté A B : Comme le sinus de B, 90 d. est au côté donné A C, 150 lieues majeures : aussi le sinus de C, 56 d. 15 m. (complément de 33 d. 45 m. connu du rhumb) est au côté A B, 125 lieues majeures, ou 6 d. 15 m. de Latitude, qu'on cherchoit. XXIV. Planche. Fig. 6.

Et pour avoir B C : Comme le sinus de C, 56 d. 15 m. trouvé, est au côté A B : aussi le sinus de A, 83 d. 45 m. est au côté B C, 83 lieues mineures, attendu qu'elles sont sous un paralléle ; lesquelles il faudra réduire en lieues majeures, pour avoir autant de dégrés de longitude qu'il y aura de fois 20 lieues majeures.

III. EXEMPLE.

On est parti de 40 d. 30 m. de Latitude S, & de 354 d. 45 m. de Longitude ; on a fillé S E $\frac{1}{4}$ S. jusqu'à 47 d. 31 m. de Latitude aussi S. Nous avons par-là deux choses connues, sçavoir les dégrés de Latitude courues 7 d. 21 m. S, & le rhumb de vent. XXV. Planche.

Ainsi pour former sur le Quartier-de-réduction le Triangle de Navigation (qui nous fera trouver le reste inconnu, sçavoir la Longitude de l'arrivée, & les lieues de distance) voici de quelle maniére il convient opérer. A, sur le Quartier-de-réduction est le point de départ. Tirez-en la ligne du rhumb S E $\frac{1}{4}$ S ; ensuite comptez sur la ligne A B 7 dég. 21 miu. de Latitude, ou 147 lieues majeures de A en B : C'est-là le premier côté. Puis conduisez du point supposé B, où se terminent ces 147 lieues, une ligne paralléle à A C : C'est le second côté. Or le point L où cette paralléle coupera le rhumb S E $\frac{1}{4}$ E, fera le troisiéme côté donné & fermera le Triangle, dans lequel on connoîtra la Latitude par le côté A B, 147 lieues. De A en L on aura donc sur le rhumb, 177 lieues de distance, par autant d'arcs qui coupent cette ligne de A jusqu'à L. Enfin sur la ligne, qui du point B est venu couper le rhumb en L, on comptera par les intervalles de lignes, 98 lieues mineures : Mais parce que ce côté B L représente un paralléle à l'Equateur, les lieues mineures seront réduites en majeures, & donneront ici autant de dégrés de Longitude courus, qu'elles auront donné de 20 lieues majeures, c'est-à-dire, 6 d. 51 m. E, lesquels ajoûtés aux 354 d. 45 m. de Longitude du départ donneront pour Longitude de l'arrivée 1 d. 36 m. Mettez l'opération au net comme au premier exemple.

Par le calcul : au Triangle A B C, droit en B, pour avoir le côté A C, distance des lieues de chemin, dites : Comme le sinus du côté de l'angle donné C (de 33 d. 45 m. complément de l'angle opposé, 56 d. 15 m.) est au côté aussi donné A B, 147 lieues majeures, ou 7 d. 21 m. S ; ainsi le sinus B, de 90 d. est au côté cherché A C, 177 lieues de chemin fait sur le Rhumb. XXIV. Planche Fig. c.

Pour avoir le côté B C ou la Longitude, dites : Comme le sinus de l'angle C, 33 d. 45 m. est au côté A B, 147 lieues ; ainsi le sinus de l'angle A, 56 d. 15 m. est au côté cherché B C, 98 lieues mineures, lesquelles réduites en majeures & en dégrés de Longitude, donneront 6 d.

51 m. E de Longitude courus qui sont à ajoûter à celle du départ, pour avoir 1 d. 36 m. de Longitude de l'arrivée.

IV. EXEMPLE.

XXV. Planche. On est parti de 45 d. 20 m. de Latitude N, & de 349 d. 56 m. de Longitude; on a couru 374 lieues entre N & E, & on s'est trouvé par 57 d. 50 m. de Latitude N. Nous avons encore ici deux choses connues, sçavoir les degrés de Latitude courue (12 d. 30 m. N) & 374 lieues N E. Faites donc ainsi le Triangle de Navigation sur le Quartier-de-réduction, pour avoir la Longitude de l'arrivée & le Rhumb de vent qu'il a fallu courir.

A est le point du départ sur le Quartier; on comptera sur A B 12 d. 30 m. de Latitude N courue, qui valent 250 lieues majeures: C'est le premier côté du Triangle. Puis du point A, ouvrez le compas de la distance de 374 lieues courues sur A B, & du centre A faites un arc de cercle. Du point où finissent les 250 lieues sur A B, qui sera le second côté, tirez la paralléle à A C, laquelle coupera l'arc que vous venez de faire en un point, duquel vous tirerez en A, la ligne qui formera le troisiéme côté du Triangle de Navigation. Dans ce Triangle vous connoissez la Latitude courue sur A B, 250 lieues, le Rhumb de vent N-E 3 d. E, qui est la ligne de A au point d'interfection de l'arc avec la ligne paralléle à A C; enfin cette ligne qui va du point d'interfection avec le rhumb jusqu'à B, donnera 278 lieues mineures, lesquelles réduites, comme on sçait, donneront 22 d. 33 m. de Longitude E, à ajoûter à ceux du départ, pour avoir 372 d. 29 m. ou 12 d. 29 m. de Longitude de l'arrivée. Mettez au net cette opération, comme on a dit ci-dessus.

Par le calcul: Au Triangle de Navigation A B C droit en B, pour avoir le rhumb A, dites: Comme le côté connu A C, 374 lieues majeures, est au sinus B de 90 d. ainsi le côté connu A B, 250 lieues majeures, est au sinus de C, 42 d. cherché, dont le complément 48 d. est le rhumb A, N-E 3 d. E de la route N & E, sur laquelle on a fait 374 lieues. (XXIV. Planche. Fig. d.)

Pour avoir le côté B C dites: Comme le sinus de C 42 d. est au côté A B, 250 lieues majeures; ainsi le sinus de A, 48 d. est au côté B C, paralléle à l'Equateur, 278 lieues mineures, lesquelles réduites, comme on sçait, en dégrés de Longitude, donnent 22 d. 33 m. E: ajoûtez-les à ceux du départ, & vous aurez 12 d. 29 m. de Longitude au point de l'arrivée.

V. EXEMPLE.

XXV. Planche. On est parti de 45 d. de Latitude N, & de 15 d. de Longitude; on a singlé N-E ¼ N par les 21 d. 15 m. de Longitude. Nous avons à la vérité deux choses connues, sçavoir le Rhumb de vent, & la Longitude courue de 6 d. 15 m. E; mais cela ne nous donne qu'un angle certain du Triangle sur le Quartier-de-réduction: car pour sçavoir quel est le côté donné par la Longitude, il faut réduire les 6 d. 15 m. en lieues mineures, ce qui ne se peut que par le moyen paralléle, qui dépend de la Latitude courue, laquelle nous est inconnue. C'est à quoi l'on suppléra ainsi:

Faites

Faites une échelle de Latitudes croissantes, comme nous avons enseigné ci-dessus, dans laquelle le premier dégré soit égal à un dégré de Longitude, marqué en A C du Quartier-de-réduction; cela étant, placez le point de cette régle, où l'on marquera 45 d. le long de la ligne A B, de sorte que 45 d. joigne A : puis ouvrez le compas de A vers C, de 6 d. 15 m. à la lettre S; d'où vous éleverez une perpendiculaire à A C, qui coupera le rhumb de vent N-E ¼ N au point T, duquel vous tirerez une paralléle à A C vers B, dans la ligne A B, le long de laquelle vous avez appliqué l'échelle : Or cette ligne T B étant prolongée jusques sur l'échelle, elle y marquera 51 d. 15 m. de Latitude N, & partant vous trouverez la Latitude courue 6 d. 15 m. N : après quoi vous ôterez l'échelle, & compterez de A en B, 6 d. 15 m. ou 125 lieues N pour avoir le premier côté du Triangle. Du point où finiront ces lieues vous tirerez une ligne paralléle à A C, qui coupera le rhumb couru N-E ¼ N, vers L, & cette ligne sera le second côté du Triangle. Du point L en A vous acheverez le Triangle, dans lequel vous aurez pour le côté A B, 6 d. 51 m. de Latitude N courue, ou 125 lieues majeures. Le côté B L donnera 83 lieues mineures vers E, lesquelles réduites valent 6 d. 15 m. de Longitude, & étant ajoûtées ausd. 15 d., elles font 21 d. 15 m. de Longitude du lieu de l'arrivée. Comptez enfin les arcs qui coupent le rhumb de A en L, & vous aurez 150 lieues de distance courue. Mettez au net, comme ci-dessus, cette opération.

Ce cas est très-rare, car on ne peut observer la Longitude qu'on ne connoisse l'heure, & on ne sçauroit connoître l'heure precisément, qu'on ne sçache la Latitude du lieu.

Par le calcul : au Triangle A B C rectangle en B, il faut premiérement réduire le côté B C en lieues mineures, puisque c'est un paralléle dont on connoît les dégrés de Longitude. Pour cela voyez combien de parties contient le premier dégré d'une Table de Latitude croissante, pris 6 fois 1 quart; ou bien multipliez par 6 ¼ les 20 parties contenues dans le premier dégré d'une Table de Latitude croissante, & vous aurez 125 parties. Faites le Triangle de suite A S T droit en S, dont vous connoissez l'angle A (complément de 33 d. 45 m.) & le côté 125 A S, & l'angle droit S. Enfin pour avoir S T, dites : Comme le sinus de l'angle T, (33 d. 45 m. connu & alterne) est au côté connu A S, 125; aussi le sinus de l'angle connu 56 d. 15 m. est au côté T S, 188. Ensuite ajoûtez 188 parties à 1010, (qui répondent à 45 d. de la Table des Latitudes croissantes, dont le premier dégré est 20) & vous aurez 1198 parties, qui répondent à 51 d. 20 m. de Latitude. Convertissez ensuite ces 6 d. 20 m. de Latitude N, qui se trouvent sur A B en lieues majeures, & vous aurez en A B pour le premier Triangle, un peu plus de 125 lieues. Reprenez le premier Triangle, où vous connoissez maintenant le côté A B, l'angle A, 33 d. 45 m. & son complément C, 56 d. 15 m. & puis dites : Comme le sinus de C, 56 d. 15 m. est au côté A B, 125 lieues majeures; aussi le sinus de A, 33 d. 45 m. est au côté B C, 83 lieues mineures, que valent les 6 d. 15 m. de Longitude courue sur le moyen paralléle de 48 d. Maintenant il ne reste plus à connoître que le côté A C, à quoi l'on parviendra par cette analogie : Comme le sinus C est au côté A B; ainsi le sinus de 90 est au côté C A, 150 lieues majeures de distance courue sur le rhumb connu.

XXIV. Planche. Fig. 1.

Route composée.

ON n'acheve jamais un voyage sur une même route ou rhumb de vent ; & quand il s'agit de réduire en un seul Triangle toute la Navigation, pour sçavoir où l'on est, on joint toutes les régles ci-dessus, pour n'en faire qu'une seule, qu'on appelle route composée, qui donne d'un coup d'œil le point d'arrivée.

Ainsi supposé que l'on soit parti, par exemple, de 45 d. Latitude N ; & 7 d. de Longitude, & que l'on ait couru les routes suivantes, on a coutume d'en rapporter le résultat, tel qu'on l'a conclu par les Triangles particuliers ci-après :

Routes courues. : : :	N	S	E	O
1re Route a produit . . . 100 lieues sur N-E $\frac{1}{4}$.	83 l.		55 $\frac{1}{2}$	
2me Route . . 230 O N-O	88 $\frac{1}{2}$			112
3me Route . : 80 E $\frac{1}{4}$ S-E		15 $\frac{1}{4}$	78 $\frac{1}{2}$	

Du total 171 $\frac{1}{2}$ N	Du total 212 O.
Otez 15 $\frac{1}{4}$ S	Otez 134 E.
Reste des lieues majeures 155 $\frac{1}{4}$ N	Reste des lieues 78 m. O.
Estimées courues	Estimées courues

non observées,

XXV. Planche. Mais on vous demande présentement le rhumb de vent qu'on auroit dû tenir venant en ligne droite, la Latitude & la Longitude de l'arrivée, & les lieues de distance entre le point de départ & celui de l'arrivée toujours en ligne droite. Faites alors le Triangle de Navigation, qui seul vous donnera tout cela.

Du point A, comme celui du départ, portez vers B en K les 155 $\frac{1}{4}$ de lieues majeures vers N, qui résultent du calcul & qui valent à 20 au dégré 7 d. 47 m. de Latitude courue. Voilà le premier côté du Triangle. De K comptez parallélement à A C 78 lieues mineures O, lesquelles réduites sur le moyen paralléle, comme on a déja dit, valent 5 d. 57 m. de Longitude courus vers O. Or ces 78 lieues finiront sur la ligne K en V. Voilà le second côté du Triangle. Enfin de V tirez la ligne A V, & vous aurez tout le Triangle A K V, dont le dernier côté AV donnera par la quantité de dégrés, dont il est éloigné de B, l'arc de N-N-O, 4 d. 12 m. O, qui est le rhumb cherché. Maintenant comptez sur les arcs, depuis A jusqu'à V, les lieues de distance, & vous trouverez du départ à l'arrivée, 174 lieues de chemin en droite ligne. Mettez, ainsi qu'il suit, votre opération au net.

Latitude du départ N 45 d. 0 m.
Différence de Latitude N 7 47 . . . 1er côté 155 ½ de lieues
Donc la Latitude d'arrivée N 52 47 majeures, à 20 au dégré.
Donc le moyen paralléle. 48 53

Longitude de départ 7 d. 0 m.
Différence en Longitude . . . . . } 2me côté sur le moyen paralléle de
Ou la Longitude courue O 5 57 } 48 d. 53 m. 78 lieues mineures O.
Donc la Longitude d'arrivée 1 3

Donc le rhumb de vent en droite ligne
à tenir N-N-O 4, d. 12 m. O . . . . } 3me côté du triangle rec-
Donc les lieues de distance en droite ligne 174 } tangle ou son hypotenuse.

Le calcul de ce Triangle par les sinus & les nombres sera court ; car dès que l'on connoît dans ce Triangle A B C droit en B, les côtés B A & B C, il suffira simplement, pour avoir le côté A C, de joindre les quarrés de A B, 155 lieues ½ au quarré de B C, 78 lieues : Alors la racine quarrée de leur somme donnera 174 lieues pour le côté A C. Pour connoître ce rhumb, on dira : Comme A C, 174 lieues, est au sinus B de 90 d ; ainsi le côté B C, 78, est au sinus de A de 26 d. 57 m. égal à N-N-O, 4 d. 12 m. O. XXIV. Planche, Fig. I.

Corrections nécessaires à faire dans toutes les Navigations sur le Compas de route.

NOus avons souvent averti dans ce Traité, que pour la conduite d'un vaisseau, il falloit avoir soin d'observer de tems en tems la Déclinaison du Compas ou de la Boussole, laquelle varie plus ou moins tantôt d'une façon tantôt d'une autre, vers E ou vers O. Il s'agit maintenant d'enseigner la maniére de faire la correction nécessaire, supposé que la Boussole ait décliné depuis le tems du départ lors de l'observation de la Méridienne au tems de l'arrivée.

Il est évident que si l'Aiguille aimantée ou le Compas décline vers O, par exemple, il faut augmenter (au rhumb de vent qu'il convient prendre pour aller en E) la quantité de dégrés, dont le Compas décline vers O. Si au contraire la route est vers O, il faut diminuer cette même quantité de dégrés, parce que c'est le côté vers lequel le Compas décline, comme nous le démontrerons dans l'exemple suivant. Si donc je voulois aller en un lieu éloigné de 11 d. & demi de Latitude O, il me faudroit prendre le premier rhumb de vent & faire marquer 11 d. & demi O. à la Boussole ; mais supposant qu'elle décline vers O. de 11 d. & demi, il suffira de la laisser en sa situation, & alors le Cap ou Boussole se trouvera mise comme il convient.

Si avec la même déclinaison je voulois aller directement au N, il lui faudroit faire marquer 11 d. & demi E ; mais comme je veux aller à 11 d. & demi vers E, il me faut faire marquer au Compas, 23 d. E pour aller vers 11 d. & demi, d'où il suit qu'il faut augmenter la déclinaison du

Compas à la route, si cette route est du côté opposé à la déclinaison ; & diminuer cette déclinaison de la route, si elles étoient toutes deux de même côté. Nous ajoûterons ici trois exemples qui comprendront tous les cas, & nous les appliquerons à la route composée ci-dessus.

Si donc le Compas de route avoit eu de la Déclinaison en partant, laquelle eût continué la même pendant la premiere route, par exemple, de 8 d. O, on écriroit ainsi : 1re route, 100 lieues N-E ¼ N, plus 8 d. de variation ; Partant 100 lieues N-E ¼ N, 8 d. E.

Si dans la seconde route le Compas s'étoit trouvé varier pendant toute la route de 8 d. E, il faudroit écrire ainsi : 2me route, 230 lieues O-N-O, plus 8 d. de variation E ; Partant 230 lieues O-N-O, 8 d. O. Mais si cette même route avoit été E-N-E, on auroit écrit ; 230 lieues E-N-E moins 8 d. ou 230 lieues N-E ¼ E 3 d. 15 m. E, parce que la route auroit été du côté de la variation, ce qui diminue le rhumb.

Enfin si dans la troisiéme route le Compas avoit varié au commencement de 8 d. O, & à la fin de 4 d. O, on diroit qu'il a eu 6 d. de variation O pendant toute la route, & l'on écriroit : 3me route, 80 lieues E ¼ S-E moins 6 d. E, variation moyenne ; Partant 80 lieues E-S-E 5 d. & demi E ; parce que c'est le côté opposé à la fleur-de-lis, c'est-à-dire, au Nord de la Boussole qui conduit : Mais si la fleur-de-lis décline O, l'autre bout déclinera E ; & la déclinaison étant du côté de la route, il la faudra augmenter. Il ne faut, pour comprendre tout ceci, que jetter les yeux sur la figure 1. planche 23.

Corrections à faire sur l'estime.

ON voit aisément par les observations ci-dessus faites, que toute route composée n'est fondée que sur des calculs & des estimes, & qu'ainsi l'on ne peut avoir que des Latitudes, des Longitudes, des rhumbs & des lieues estimés : Or tout cela n'est aussi fondé que sur l'estime du Loch, qui peut n'être pas resté immobile, comme on l'a cru, lorsqu'on s'en est servi, & sur le Rhumb de route, qui auroit pû varier pendant les routes simples. D'où il résulte que toutes les routes composées ont besoin de correction.

Premiére correction. Si au point de l'arrivée, on pouvoit observer la Latitude & la Longitude par les hauteurs des Astres ou par quelque Eclipse, la correction du Triangle de Navigation seroit aisée, parce qu'on auroit les deux côtés du Triangle, & que l'on opéreroit comme dans le premier exemple d'une Navigation simple.

Seconde correction. Si au point de l'arrivée on trouvoit que la Latitude observée ne fût pas conforme à celle faite par estime (comme si elle étoit observée être de 54 d. au lieu de 52 d. 47 m. qu'elle auroit été estimée) il faudroit sçavoir si l'erreur doit tomber sur les 174 lieues estimées, ou sur le Rhumb de vent aussi estimé N-N-O 4 d. 12 m. O. Or il est certain que cette erreur est du côté qui en est le plus susceptible, sans qu'on s'en apperçoive aisément, d'où il suit que cette erreur n'est pas ici du côté du Rhumb, parce qu'il faudroit qu'il fût arrivé un changement très-considérable dans la rose vers O, & il faudroit reculer le Rhumb d'une maniére trop sensible pour le faire cadrer avec la Latitude observée ; il

faut donc que cette erreur soit de la part de l'estime des lieues, qui a été jugée trop grande, ce qui a pû arriver insensiblement. Ainsi l'on corrigera l'erreur de cette façon : On retiendra le Rhumb estimé, qui donnera un côté & un angle du Triangle de Navigation ; la Latitude observée donnera l'autre côté, & l'on achevera comme au troisiéme Exemple ci-dessus. En un mot les deux premiers quarts de vents de part & d'autre de N & S, passent pour n'être pas susceptibles d'erreur.

Troisiéme correction. Si au point de l'arrivée on observoit une Latitude différente de celle qu'on a eu par l'estime, & si le Rhumb aussi estimé étoit un des deux premiers Rhumbs de part & d'autre de E & de O, il faudroit par la raison contraire de ce que nous venons de dire, trop corriger les lieues de distance estimées, pour cadrer avec la Latitude observée. Ainsi comme l'erreur seroit du côté du Rhumb estimé, il faudroit alors conserver les lieues de distance estimées qui donneroient l'hypotenuse du Triangle, & la Latitude observée donneroit un côté : ensuite on opéreroit pour avoir le reste comme dans le quatriéme Exemple ci-dessus. En un mot les lieues de distance sous les deux premiers Rhumbs de part & d'autre de E ou de O passent pour exemtes d'erreur.

Quatriéme correction. Si au point de l'arrivée on trouve par observation la Latitude différente de celle que l'estime a donnée, & si le Rhumb trouvé aussi par estime n'est pas un des deux premiers de chaque côté de N & de S, d'E ou de O, l'erreur peut également tomber & sur le Rhumb, & sur les lieues estimées. C'est pourquoi il faut chercher la maniére de corriger celles-ci & celui-là. Pour cela tendez sur le Quartier-de-réduction le fil du point A, centre du Quartier sur le Rhumb estimé N-E $\frac{1}{4}$ N ; comptez par les arcs, qui le coupent, les lieues estimées 230 ; & de ce point, où elles se terminent, comme en M, comptez sur une ligne paralléle à A C vers B, les lieues mineures E ou O, suivant qu'il convient, (supposé qu'elles soient trouvées 128 lieues mineures.) Ensuite comptez de A vers B en E la Latitude observée 46 d. S. Observez que la différence entre la Latitude observée, & celle estimée, est de 7 d. S, par les lieues qui répondent à 20 au dégré, qui valent 140 lieues. De ce point E tirez parallélement à A C la ligne E L jusqu'à la ligne A M, & comptez les lieues mineures de E en L, que nous supposons être de 94 ; ajoûtez à ces 94 la moitié de la différence de 94 à 128 qu'on les avoit en premier lieu, laquelle est 17 moitié de 34, & vous aurez 111 lieues mineures à compter de E vers L en N ; & de ce point vous tirerez la ligne A N, qui fera le Rhumb corrigé. Enfin vous acheverez le Triangle comme dans le troisiéme Exemple, où (sans avoir recours à aucune autre régle, puisque vous avez les trois côtés du Triangle) il ne restera plus qu'à réduire les lieues mineures en lieues majeures pour avoir la Longitude aussi corrigée. XXV. Planche

Voici un exemple de route corrigée dans ce dernier cas, car les trois autres sont très-faciles.

Supposons, par exemple, le point du départ à 53 d. de Latitude S, & 358 d. de Longitude. Ces routes composées ont fait estimer qu'on étoit arrivé à 230 lieues N-E $\frac{1}{4}$ N, & au 43 d. de Latitude S. On observe néanmoins que cette Latitude est de 46 d. il y a donc erreur. D'ailleurs le Rhumb de vent à côté de E & O, n'est pas des 4 exemts de correction ; Donc l'erreur n'est pas seulement de la part du Rhumb estimé,

Ce Rhumb n'est pas aussi des 4 à côté de N & S. Donc l'erreur n'est pas aussi du côté des lieues seulement : Cette erreur tombe donc & sur le Rhumb & sur les lieues estimées, qu'il faut corriger tous deux comme nous venons de le dire. Voici l'opération au net.

Latitude du départ S	53 d.	
Latitude observée à l'arrivée S	46	1er côté du Triangle,
Donc la différence véritable de la Latitude ou la Latitude courue N.	7	140 lieues majeures N, à 20 au dég. valent 7 d.
Donc le moyen paralléle	49 d. 30 m.	de Latitude N courus.

Lieues mineures estimées E	228 d.
Lieues mineures prises sur le véritable paralléle E & observées	94

La somme de ces différentes lieues E	222 d.	2me côté du Triangle sur le moyen paralléle de 49 d.
Donc prenant moitié de la différence on aura ces lieues corrigées E	111	30 m. 111 lieues mineures E, qui valent 8 d. 36 m. de Longitude courue.

Longitude du départ	358 d.	
A cause des lieues mineures corrigées différence E en Longitude	8	36 m.
Donc la Longitude de l'arrivée	6	36

Donc le Rhumb de vent corrigé à tenir pour venir en droite ligne N E 6 d. 30 m. N	3me côté ou hypotenuse du Triangle rectangle de Navigation composée, réduite & corrigée.
Donc lieues de distance corrigées à courir en droite ligne 179.	

XXIV. Planche. Fig. 8. Par le calcul : Au Triangle A B C rectangle en B de Navigation estimée, le côté AB est supposé de 10 d. de Latitude S, ou 200 lieues ; le côté BC est estimé 128 lieues mineures, & le côté A C 230 lieues, à 20 au dégré ; le Rhumb est estimé, N-E $\frac{1}{4}$ N. On juge qu'il y a erreur dans le Rhumb & dans l'estime des lieues par les raisons ci-dessus, la véritable Latitude qu'on a observée à l'arrivée n'étant que de 46 d. S. Partant on n'a couru que 7 dég. de Latitude S, au lieu de 10 d. qu'on estimoit. Pour corriger cette erreur tant sur le Rhumb, que sur les lieues estimées (comme on a dit qu'il le falloit faire en ce cas ci) changez le Triangle & faites le côté B C en *b c* précisément où finissent les 140 lieues de la différence de Latitude observée ; & pour avoir le côté *b c* en lieues mineures dites : Comme le sinus du complément du Rhumb qu'on suppose encore être N-E $\frac{1}{4}$ N, ou de 33 d. 45 m. (qui est ici de 57 d. 15 m. C) est au côté A *b*, 140 lieues majeures : Ainsi le sinus du Rhumb A (33 d. 45 m.) est au côté *b c*, qui donnera 94 lieues mineures, ausquelles vous ajoûtez la moitié de la différence jusqu'à ce même côté B C estimé 128 ; alors vous aurez le véritable côté paralléle *b c*, 111 lieues mineures. Voilà le paralléle corrigé.

Maintenant corrigez le Rhumb, en ajoûtant les quarrés de 140 lieues majeures du côté A *b*, & de 111 lieues mineures du côté *b c*, & la Racine quarrée de leur somme donnera le véritable nombre des lieues A *c*, 179,

QUARTIER DE REDUCTION.

A Paris Chez N. BION, sur le Quay de l'Orlorge du Palais.

qui feront majeures. Enfin pour avoir le Rhumb, dites : Comme le côté 179 lieues, eft au finus de 90 d. *b*; Ainfi le côté *bc*, 111 lieues mineures, eft au finus du quatriéme terme, qui fera de 38 d. 30 m. qui valent N-E-6-d.-N.

CHAPITRE V.

Des Cartes Hydrographiques ou Marines.

ON fe conduit fur les eaux par le fecours des Cartes Hydrographiques, comme on fait fur terre par le moyen des Cartes Géographiques. Les Cartes plattes ou au point plat, font dans la Navigation ce que les Topographiques font dans la Géographie. Quant à leurs conftructions, elles font les mêmes ; les dégrés de Longitude & de Latitude y font égaux contre le véritable état des chofes, & l'ufage de toutes deux fe trouve borné à une très-petite étendue de pays & de côtes. Les opérations s'y pratiquent comme dans un quarré, qui comprendroit le premier dégré de Longitude & le premier de Latitude fur la Carte réduite, dont nous parlerons ci-après.

Les Cartes générales, comme font les Mappemondes ou Globes terreftres, embraffent à la vérité toute la terre ou la moitié au moins, mais auffi elles font moins détaillées : elles repréfentent la terre telle qu'elle eft, ou telle qu'elle paroîtroit à l'œil, qui en regarderoit le globe à une certaine diftance ; mais la conftruction de ces Cartes eft bien plus difficile. Nous avons donné (en notre Livre des *Ufages de l'Aftrolabe*, & en celui des *Ufages des Globes Liv.* 3 *Section* 2.) la maniére de tracer toutes les Cartes géographiques. On ne fe fert de ces Cartes générales ou Globes, que dans les longs cours fur mer, parce que les opérations de la Navigation s'y pratiquent avec beaucoup de difficulté, & demandent des obfervations bien fréquentes. Nous donnerons néanmoins les principales régles de la Navigation fur ces fortes de Cartes, après que nous aurons parlé des Cartes réduites, qui répondent affez pour leurs conftructions & leurs ufages aux Cartes particuliéres de Géographie.

De la Loxodromie.

LA planche 26me repréfente une Carte appellée *réduite* ou *au point réduit*. Mais avant que d'en donner la conftruction & les ufages, nous ne pouvons nous difpenfer de dire quelque chofe de ce qui regarde la *Loxodromie*.

Il faut fçavoir que tant qu'un vaiffeau eft pouffé par un même vent fur la Bouffole, il doit toujours faire le même angle avec tous les Méridiens qu'il rencontre fur la furface du Globe terreftre. Car s'il court N & S, il fait un angle infiniment aigu avec le Méridien qu'il décrit, c'eft-à-dire, qu'il lui eft paralléle, ou plutôt qu'il le fuit & ne s'en écarte point. S'il court E & O, il coupe à angles droits tous les Méridiens, puifqu'il décrit ou l'Equateur ou un des cercles qui lui font paralléles.

Mais si la course du Vaisseau est moyenne entre ces deux courses-ci ; alors il ne décrira plus un cercle, parce qu'un cercle tracé de cette maniére couperoit tous les Méridiens à angles inégaux, ce que le vaisseau ne doit pas faire. Il décrit donc une autre courbe, dont la condition essentielle est de couper tous les Méridiens sous le même angle. On la nomme *Loxodromique*, ou simplement *Loxodromie* ; ce mot est composé de deux mots grecs, sçavoir de λοξὸς, *oblique*, & de δρόμος, *course*. Ainsi une ligne *Loxodromique* est donc une *ligne oblique* que décrit un vaisseau dans une certaine direction : c'est une espéce de spirale qui fait une infinité de tours sans pouvoir arriver à un certain point, qui est le pôle où elle tend, & dont elle s'approche à chaque pas.

La route d'un vaisseau, à l'exception des deux premiéres que nous avons marquées, est donc toujours une *Loxodromique*. Elle est l'hypotenuse d'un Triangle rectangle sphérique, dont les deux côtés sont le chemin du vaisseau en Longitude & en Latitude.

On a d'ordinaire la Latitude par observation ; par la Boussole on a l'angle de la Loxodromie avec l'un ou l'autre des deux côtés ; & ce qu'on cherche par le calcul de la Trigonométrie, c'est la valeur de la Longitude parcourue & de la Loxodromie, ou route du vaisseau.

Mais comme cette ligne courbe est embarassante pour les calculs ; on a voulu avoir la route en ligne droite, & il a fallu conserver à cette ligne droite l'essence de la Loxodromie, qui est de couper toujours les Méridiens sous le meme angle. Mais cela est absolument impossible, tant que les Méridiens ne sont point paralléles entre eux, comme en effet ils ne le sont pas. Il a donc fallu supposer les Méridiens paralléles, d'où il est arrivé que les dégrés de Longitude inégalement éloignés de l'Equateur ont été supposés de même grandeur, quoique réellement ils diminuent toujours depuis l'Equateur selon une certaine proportion connue. Ainsi pour réparer cette erreur, les dégrés de Latitude, qui par la nature de la Sphére sont égaux par-tout, sont augmentés dans les Cartes Hydrographiques, en même proportion que ceux de Longitude auroient dû décroître. Et conséquemment l'inégalité qui devroit être dans les dégrés de Longitude de differens paralléles, se rejette sur les dégrés de Latitude, comme nous le dirons ci-après : or les Cartes construites de cette maniére s'appellent *réduites*.

Construction des Cartes réduites.

XXVI. Planche. POur augmenter les dégrés de Latitude, à proportion que ceux de Longitude se trouvent aggrandis, on les fait égaux à ceux de l'Equateur, & l'on employe les sécantes, qui augmentent autant les unes sur les autres, que les sinus de complément de Latitude (qui devroient représenter les dégrés de Longitude) ont été augmentés en les faisant égaux au rayon de l'Equateur par le parallélisme des Méridiens; Car le sinus de complément d'un arc est au sinus total, comme le sinus total est à la sécante de ce même arc.

Ainsi prenant pour un dégré de l'Equateur & pour le premier dégré de Latitude le rayon entier ou une partie aliquote quelconque de ce rayon, on prend pour le second dégré de Latitude la sécante d'un dégré ou la partie aliquote semblable de cette sécante ; pour le troisiéme dégré de Latitude

titude on prend la fécante de deux dégrés ou la partie aliquote femblable, & ainfi de fuite.

Lorfqu'on veut avoir une Carte à plus grand point, on prend pour 30 m. de Latitude & pour 30 m. de l'Equateur, un rayon de Cercle ou une partie aliquote quelconque de ce rayon, pour un dégré de Latitude. Ainfi pour avoir 1 d. & demi de Latitude, on ajoûte de fuite la fécante de 30 m.; pour deux dégrés de Latitude, on ajoûte de même la fécante d'un dégré; & pour 3. on ajoûte pareillement la fécante d'un dégré & demi, ou 30 m. ou bien les parties aliquotes femblables de ces fécantes; & ainfi de fuite.

On fe fert pour cela dans la pratique, d'une échelle de parties égales, fur laquelle on prend le nombre des parties qui répondent à peu près aux fécantes, qui fe trouvent dans les Tables, en retranchant les derniéres figures.

Dans ces Cartes l'échelle eft changeante à mefure qu'on change de Latitude; donc fi on a navigé, par exemple, entre le 40 & le 50ᵉ paralléle, les dégrés des Méridiens, qui font entre ces deux paralléles, ferviront d'échelle pour mefurer la route; d'où il eft évident que l'on trouve moins de lieues fur les paralléles, à mefure qu'ils s'approchent des Pôles, puifqu'on les mefure par une grandeur qui croît auffi toujours en s'avançant vers les Pôles.

Cela pofé, vous voulez tracer une Carte réduite du 40ᵐᵉ d. de Latitude feptentrionale jufqu'au 50, & depuis le 6ᵐᵉ d. de Longitude jufqu'au 18, tracez premiérement la ligne A B, qui repréfentera le 40ᵐᵉ paralléle à l'Equateur; divifez-la en 12 parties égales pour les 12 d. de Longitude que contient cette Carte; ayez un compas de proportion ou une échelle divifée dont cent parties foient égales à chacun de ces dégrés, élevez perpendiculairement fur les extrémités de la ligne A B deux autres lignes qui repréfenteront deux Méridiens paralléles, lefquels vous diviferez en ajoûtant bout à bout les fécantes convenables. Ainfi pour la diftance du 40 au 41 d. de Latitude, prenez fur votre échelle 131 parties & demie, qui eft la fécante de 40 d. 30 m.: Pour la diftance du 41 au 42, prenez 133 parties & $\frac{1}{2}$, qui eft la fécante de 41 d. 30 m. Pour la diftance du 42 au 43, prenez pareillement 136 parties, fécante de 42 d. 30 m. & ainfi de fuite jufqu'au dernier dégré de votre Carte, qui fera de 154 parties, fécante de 49 d. 30 m. & marquera la diftance du 49 d. de Latitude au 50, & par ce moyen les dégrés de Latitude feront augmentés dans la même proportion que ceux de Longitude auroient dû décroître.

Cette échelle de Latitudes croiffantes fe fait bien plus exactement par le calcul, en faifant cette régle de proportion, pour avoir le 2ᵈ d. de Latitude croiffante. Le premier dégré eft fuppofé de 60 parties, & dites: Le finus total 100000 eft à 60 comme 100008, (fécante de 1 d. 30 m.) eft au 4ᵐᵉ terme qui viendra au 4ᵐᵉ terme environ 90 qu'il faudroit ajoûter aux 60 du premier dégré, pour avoir 150 parties par la Latitude croiffante de 2 d. fur l'échelle de la Carte réduite.

Deuxiéme exemple: Pour avoir la diftance du 9ᵐᵉ dégré de Latitude jufqu'au 10ᵐᵉ. faites la régle comme ci-deffus: 100000 eft à 60. comme 101390 (fécante de 9 d. 30 m.) eft au 4ᵐᵉ terme 61 qui donne fur l'échelle réduite cette diftance du 9 d. au 10 d. de Latitude. On voit que les deux premiers termes de la régle font toujours le rayon total, & la diftance de 60 au premier dégré. C'eft fur ce principe que la Table fuivante a été calculée.

Table des parties de Latitudes croiſſantes de 10 *en* 10 *minutes.*

M	0 D	1 D	2 D	3 D	4 D	5 D	6 D	7 D	1 D	9 D	10 D	11 D	12 D	13 D	14 D
0	0	60	120	180	240	300	360	421	482	542	603	664	725	787	848
10	10	70	130	190	250	310	370	431	492	551	611	674	735	797	859
20	20	80	140	200	260	320	380	441	502	562	623	684	746	807	869
30	30	90	150	210	270	330	390	451	512	573	634	695	756	818	879
40	40	100	160	220	280	340	400	461	522	583	644	705	766	828	890
50	50	110	170	230	290	350	410	471	532	593	654	715	776	838	900
M	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	910	973	1035	1098	1161	1225	1289	1354	1419	1484	1550	1616	1684	1751	1819
10	921	983	1046	1109	1172	1236	1300	1364	1429	1495	1561	1628	1695	1762	1831
20	931	993	1056	1119	1183	1246	1311	1375	1440	1586	1572	1639	1706	1774	1842
30	941	1004	1067	1130	1193	1257	1321	1386	1451	1517	1583	1650	1717	1785	1854
40	952	1014	1077	1140	1204	1268	1332	1397	1462	1528	1594	1661	1729	1797	1865
50	962	1025	1088	1151	1214	1278	1343	1408	1473	1539	1605	1672	1740	1808	1877
M	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
0	1888	1958	2028	2099	2171	2244	2318	2393	2468	2545	2623	2702	2782	2863	2946
10	1900	1970	2040	2111	2184	2256	2330	2405	2481	2558	2636	2715	2795	2877	2960
20	1911	1981	2052	2123	2196	2209	2343	2418	2494	2571	2643	2728	2809	2890	2974
30	1923	1993	2064	2135	2208	2281	2355	2430	2506	2584	2662	2741	2822	2904	2988
40	1935	2005	2076	2147	2220	2293	2368	2443	2519	2597	2675	2755	2836	2918	3002
50	1946	2017	2088	2159	2232	2306	2380	2456	2532	2610	2688	2798	2845	2932	3016
M	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
0	3030	3116	3201	3291	3382	3474	3569	3665	3764	3865	3967	4074	4183	4294	4409
10	3044	3130	3217	3306	3397	3490	3585	3681	3780	3882	3985	4092	4201	4313	4429
20	3058	3144	3232	3321	3412	3506	3601	3698	3797	3899	4003	4110	4219	4332	4448
30	3072	3159	3247	3337	3428	3521	3617	3714	3814	3916	4021	4128	4238	4351	4468
40	3087	3173	3262	3352	3443	3537	3633	3731	3831	3933	4038	4146	4257	4370	4488
50	3101	3188	3275	3367	1459	3553	3649	3747	3848	3951	4056	4164	4275	4390	4507
M	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
0	4527	4649	4775	4905	5039	5179	5323	5474	5631	5794	5966	6146	635	6534	6746
10	4547	4670	4796	4927	5062	5201	5348	5500	5658	5822	5995	6176	6367	6569	6782
20	4568	4691	4818	4945	5085	5226	5373	5525	5685	5851	6025	6208	6400	6603	6819
30	4588	4712	4839	4972	5108	5250	5398	5552	5712	5879	6055	6240	6433	6638	6856
40	4608	4733	4861	4994	5132	5275	5423	5578	5739	5908	6085	6271	6467	6674	6894
50	4629	4755	4883	5017	5155	5299	5448	5604	5767	5937	6115	6303	6500	6710	6932
M	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
0	6970	7210	7467	7745	8046	8375	8739	9141	9606	10137	10765	11533	12522	13917	16300
10	7009	7251	7512	7791	8099	8433	8804	9218	9689	10234	10881	11679	12719	14216	16926
20	7348	7294	7557	7842	8152	8494	8869	9292	9774	10334	11001	11832	12927	14543	17694
30	7088	7336	7603	7892	8207	8552	8936	9568	9861	10437	11127	11992	13149	14906	18682
40	7138	7375	7650	7942	8262	8614	9005	9446	9951	10542	11257	12160	13387	15311	20075
50	7169	7423	7697	7994	8318	8676	9074	9525	10043	10652	11392	12334	13641	15770	22458

Pour placer les Rhumbs de vent ſur les Cartes réduites, choiſiſſez un endroit commode vers le milieu de la Carte, comme le point R, duquel comme centre vous décrirez un cercle aſſez grand pour être diviſé en 32 parties égales, pour les 32 airs de vent de la Bouſſole. Et ayant tracé vers le haut de la Carte le Rhumb de vent qui marquera le N, paralléle aux deux Méridiens diviſés, vous y ferez une Fleur-de-lis, qui fera connoître tous les autres Rhumbs de vent, dont les principaux ſe doivent diſtinguer par des lignes plus groſſes.

Ensuite vous placerez, suivant leurs Longitudes & Latitudes, les Villes qui sont ordinairement représentées par leurs plans, ou par un amas de clochers & de tours, les montagnes par des ondes, les rivages & les vallées par des hachures, les fleuves & les riviéres par des lignes qui serpentent, les forêts par des arbrisseaux en grouppe, les ports & les rades par des ancres, les mouillages de même, les Isles par leur enceinte hachée de toutes parts du côté de l'eau, les côtes comme les rivages, les bancs de sable ou Syrtes par des petits points, les écueils & rochers par des pointes de roche, quand ils sont découverts, & par de petites croix, quand ils sont cachés sous l'eau, &c. & vous formerez ainsi votre Carte. Vous pourrez aussi faire plusieurs Rhumbs de vent, suivant la grandeur de la Carte ; mais il faut que les lignes N S soient toujours paralléles entre elles.

Usage des Cartes réduites.

L'Expérience de plusieurs siécles a fait connoître que pour l'usage des Pilotes il faut des Cartes très-simples, où les Méridiens, les paralléles à l'Equateur & les Rhumbs de vent soient représentés par des lignes droites pour la facilité du pointage de leurs routes. En effet le principal usage des Cartes marines est d'y pouvoir pointer ou compasser les routes, à quoi les Cartes réduites sont les plus propres, & l'on s'en sert ordinairement comme des meilleures.

Pointer ou *compasser une route*, c'est marquer sur la Carte le point d'où l'on est parti, celui où l'on est arrivé, avec leur distance, & le Rhumb qu'on a suivi, comme aussi leur Longitude & Latitude. Ainsi soit qu'on ait un voyage à faire sur terre, ou que l'on soit en chemin sur mer, il y a quatre choses à connoitre, la Longitude & la Latitude du lieu où l'on va ou de celui où l'on est, le Rhumb de vent tenu ou à tenir, & la Distance des lieues faites ou à faire. Or il suffit de connoître deux de ces choses-là pour découvrir les deux autres; ce qui peut se combiner en cinq maniéres que nous allons expliquer par autant d'exemples suivans, en supposant toujours la Longitude & la Latitude du départ connues.

I. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ supposées, connoissant le Rhumb de vent & la distance des lieues, on demande la Longitude & la Latitude de l'arrivée. Un vaisseau parti de l'Isle d'Ouessant a suivi le S-O $\frac{1}{4}$ au S, pour aller au cap de Finistere. Le maître Pilote (ayant examiné la force du vent, la quantité de voiles déployées, & connoissant par les régles ci-dessus établies *chap. III*, la vitesse de son navire) estime avoir fait 50 lieues de chemin pendant 20 heures de tems qu'il est en route, & pour marquer sur la Carte le point où est le vaisseau, il doit prendre avec un compas l'étendue de 2 d. & demi, équivalens à 50 lieues sur le Méridien, depuis le 45me d. jusqu'au 48me d. 30 m. & porter une pointe du compas ainsi ouvert sur le lieu d'où il est parti, & l'autre pointe étant conduite sur la ligne de route marquera le point T, où est arrivé le vaisseau. Que si vous souhaitez sçavoir la Longitude & la Latitude de ce lieu d'arrivée, mettez une pointe de compas sur le point T, & l'autre sur le plus proche

parallèle, conduisez perpendiculairement le compas ainsi ouvert le long du parallèle jusqu'au Méridien ; & le dégré où aboutira le compas marquera la Latitude du point T. Pour la Longitude mettez une pointe du compas en T, & l'autre sur le Méridien le plus proche, faites couler le compas vers le parallèle divisé, & il vous marquera le dégré de Longitude.

Comme les parallèles & les Méridiens ne traversent point la Carte, pour ne la pas embarrasser avec les Rhumbs de vent, on se sert d'une régle qui traverse la Carte de part & d'autre, & qui fait le même effet.

II. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ supposées connoissant le Rhumb de vent & la Latitude de l'arrivée, on demande la Longitude & la distance des lieues. Un Pilote sçachant le Rhumb de vent qu'il a suivi depuis son départ, & ayant pris hauteur, connoît la Latitude où est son vaisseau. On veut qu'il marque sur la Carte le lieu où il est, & combien de chemin il a fait. Il faut supposer qu'étant parti de l'Isle d'Oueſſant il est arrivé en un lieu dont la Latitude est de 46 d. ; cela étant, il ouvrira le compas depuis 46 d. du Méridien jusqu'à 48 d. 30 m. qui est la Latitude du départ, où ayant placé une régle jusqu'à l'Isle d'Oueſſant, il fera couler le long de cette régle une pointe de compas jusqu'à ce que l'autre pointe rencontre la ligne de route ; le point d'intersection sera celui où étoit le vaisseau au tems de l'observation, & par conséquent marquera sa Longitude. A l'égard du chemin parcouru, ouvrez le compas depuis ce point jusqu'au lieu du départ, & portez cette ouverture sur le Méridien vis-à-vis de la route ; & elle ira depuis 45 d. 30 m. jusqu'à 48 d. 30 m. qui font 60 lieues de chemin, à raison de 20 lieues par dégré.

III. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ supposées, connoissant la Latitude de l'arrivée & la distance du chemin couru, on demande la Longitude de l'arrivée & le Rhumb de vent qu'on a tenu.

Un navire parti de 46 d. de Latitude N, & de 5 d. de Longitude, a couru 200 lieues entre le S & l'O, & s'est trouvé par les 40 d. 30 m. de Latitude N. Pour avoir la Longitude de l'arrivée & le Rhumb de vent qu'a tenu le vaisseau, ouvrez le compas à la distance de 10 d. comptant 20 lieues par dégré, entre les Latitudes du départ & de l'arrivée sur le Méridien depuis 40 d. jusqu'à 46 d. ; mais comme cela ne suffit pas, & qu'il n'y a que 6 d. prenez une ouverture de compas proportionnelle au-dessus & au-dessous de la Latitude courue, comme depuis 38 d. jusqu'à 48 d. de Latitude pour les 200 lieues courues ; mettez le compas ainsi ouvert sur le point du départ, & faites un arc de cercle vers S-O ; puis du point 40 d. 30 m. de Latitude de l'arrivée tirez parallélement à l'E & à l'O une ligne, & le point où elle coupera l'arc ci-dessus sera celui de l'arrivée : de ce point d'intersection de l'arc ci-dessus, tirez une paralléle au Méridien, ou glissez le compas parallélement au Méridien jusqu'à la ligne E & O, & l'intersection sur cette ligne vous marquera la Longitude de

l'arrivée 353 d. Donc on est descendu vers l'O de 12 d. Au lieu de prendre tout d'un coup l'ouverture de compas de 10 d. ou 200 lieues, il conviendroit davantage de prendre seulement deux fois l'ouverture de 5 d. depuis 46 d. jusqu'à 41 d. & mettant ces ouvertures l'une au bout de l'autre sur le Rhumb, on auroit l'ouverture proportionnelle de 200 lieues.

Pour trouver le Rhumb de vent, il faut tirer une ligne du point de départ à celui de l'arrivée, & voir quel angle elle fait avec le Méridien, ou à quelle ligne de la rose elle est paralléle, & l'on trouvera ici S-O $\frac{1}{4}$ O pour le Rhumb cherché.

IV. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ supposées, connoissant la Longitude & la Latitude du lieu où l'on va ou de l'arrivée, on demande quel Rhumb il faut tenir, & quelle est la distance d[illegible] lieues?

Un vaisseau part de l'Isle d'Oueſſant à 48 d. 30 m. de Latitude N, & 13 d. 30 m. de Longitude pour aller au cap de Finistére en Galice à 43 d. de Latitude & 8 d. de Longitude. On demande quelle route il faut tenir, & quelle est la distance des lieues. Imaginez-vous une ligne tirée de l'Isle d'Oueſſant au cap de Finistére, & en examinant avec un compas à quel Rhumb de vent marqué sur la carte cette ligne est paralléle, ce sera celui qu'il faut suivre; alors vous trouverez que c'est le S-O $\frac{1}{4}$ S qui convient à cette route.

A l'égard de la distance, prenez avec un compas d'un seul coup toute l'étendue de la route, & rapportez-la vis-à-vis de la route sur le Meridien, non en commençant de compter au dégré du départ, parce que vous n'auriez pas une distance proportionnelle, puisque l'ouverture de compas se termineroit bien au-delà de la Latitude de l'arrivée; mais rapportez-la aux dégrés de Latitude qui y répondent (c'est-à-dire, depuis le 49 d. 7 m. 30″, jusqu'au 42 d. 22 m. 30″, ce qui fait 6 d. 45 m. à 20 lieues par dégré) & vous trouverez 135 lieues de distance courue. Ou bien contentez-vous de prendre la moitié de la distance courue, & portez-la depuis le point de départ sur le Méridien vis-à-vis la route; comptez-en les lieues par les dégrés, & en doublant ces lieues, vous aurez dans leur somme assez justement la quantité des lieues courues.

V. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ supposées, connoissant la Longitude de l'arrivée & le Rhumb qu'on a tenu, on demande la Latitude de l'arrivée.

On est parti de 40 d. 30 m. N, & de 353 d. 33 m. de Longitude, on a couru N-E $\frac{1}{4}$ E, jusques par les 5 d. de Longitude; on connoîtra la Latitude de l'arrivée & les lieues de distance par l'opération suivante. Tirez du point du départ connu une ligne indéfinie paralléle à N-E $\frac{1}{4}$ E, tirez encore du point 5 d. de Longitude une paralléle au premier Méridien, & le point d'interſection se trouvera par la Latitude de 46 d. Pour la distance des lieues, prenez avec un compas l'ouverture du point du départ à celui de l'arrivée, & portez-la vis-à-vis la route sur le Méridien, il y

aura autant de 20 lieues que de dégrés, c'est-à-dire, depuis 38 d. jusqu'à 48 d. de Latitude, les 10 d. font 200 lieues.

VI. EXEMPLE.

Connoissant les Latitude & Longitude d'un lieu, trouver ce lieu dans la Carte réduite. Ayant mis une pointe de Compas à Carte marine sur le dégré de Latitude connue, & l'autre pointe sur le plus proche paralléle il faut de l'autre main mettre la pointe d'un second compas sur le dégré de Longitude connue, & l'autre pointe sur le plus proche Méridien, & faire couler ces deux compas jusqu'à ce que deux de leurs pointes se rencontrent, alors le point de jonction sera le lieu cherché.

S'il falloit aller aux côtes d'Afrique, mais qu'elles ne se trouvassent pas marquées sur la Carte, comme étant trop petite, alors on la prolongeroit comme nous avons enseigné à le faire, sur le même point que la Carte dont nous venons de parler pour l'y coller : ou bien l'on passeroit de cette Carte à une autre des côtes d'Afrique peut-être plus grande ou plus petite. Si l'on prolonge la Carte en y en collant une autre de même point, il n'y aura qu'à faire les opérations comme sur une même Carte ; mais si l'on change de Carte, il faudra trouver dans la nouvelle le point où l'on est arrivé. Et de ce point, comme du départ connu par ses Longitude & Latitude, on tracera sur cette Carte une nouvelle route, comme nous avons dit en l'Exemple premier.

Remarquez que les corrections à faire sur le Compas de route, doivent aussi se pratiquer sur la Carte réduite, comme sur le Quartier-de-réduction.

Il n'y a de corrections à faire sur les Cartes réduites qu'en se conformant à la Latitude observée, qui seule suffira avec le Rhumb de vent corrigé, ou avec la Longitude observée.

Si l'on veut lire avec quelque attention ce que nous avons dit dans le calcul sur le 5[me] exemple d'une route pratiquée par le Quartier-de-réduction, on y apprendra que la Trigonométrie se peut appliquer heureusement à la Carte réduite au moyen de la Table des Latitudes croissantes, qu'on y évite même les réductions de lieues mineures en lieues majeures, & la recherche du moyen paralléle ; parce qu'on y forme toujours des Triangles rectangles, dont trois choses sont connues avec leurs proportions. Ce qui suffit pour avoir par les nombres le reste du Triangle de Navigation sur la Carte. Ainsi supposé que j'aye couru N-E $\frac{1}{4}$ N depuis le 45 d. de Latitude N jusques au 51 d. aussi N, je connoîtrai la différence de Longitude courue depuis le départ, en faisant cette analogie : Comme le rayon total 100000 est à 539 parties (qui dans la Table des Latitudes croissantes conviennent à la différence des 6 d. de Latitude courue ; ainsi 66817, (tangente du Rhumb de vent connu & tenu) est au quatriéme terme, qui dans cet exemple est de 360, lesquels sont des minutes E, parce que le premier dégré de Latitude croissante est estimé 60 parties, comme le premier dégré de Longitude sur l'Equateur. Or ce quotient 360 divisé par 60 donnera 6 d. de Longitude sur le paralléle de l'arrivée, qui est précisément ce qu'on cherchoit.

Changez en la maniére suivante les termes de cette analogie comme il

convient, & vous aurez le Rhumb de vent tenu, si vous connoissez la différence en Longitude & en Latitude, & dites : 360 est à 100000 comme 539 est au 4me terme ou quotient, qui donnera dans la Table des Tangentes, la tangente de l'arc du complément du Rhumb cherché.

Par une analogie aussi convenable on aura sur ce principe la Latitude de l'arrivée, pourvû que l'on connoisse sa différence en Longitude de la route, le Rhumb de vent tenu, & la Latitude du départ supposée connue, en disant : 66817 (tangente du Rhumb connu) est à 360 comme 100000 au 4me terme ou quotient, qui viendra 539, lequel nombre dans la Table des Latitudes croissantes répond à 6 d. de Latitude, à compter depuis la Latitude du départ qui étoit au 45me dégré.

Mais pour avoir l'hypoténuse de ces Triangles ou la distance des lieues courues, la Table des Latitudes croissantes n'est pas d'un grand secours, elle n'est utile que pour les deux côtés du Triangle. Il faudra donc convertir les dégrés de Latitude en lieues majeures, c'est-à-dire, multiplier chaque dégré par 20, & opérer ainsi : Comme le rayon total ou 100000 est à la quantité des lieues majeures (ou dégrés de Latitude qui étant multipliés par 20 donnent 120) ainsi la sécante de l'angle du Rhumb est au quatriéme terme, qui donne la distance des lieues courues, ou la longueur de l'hypoténuse en lieues marines à raison de 20 au dégré.

Réduisez les dégrés de différence de Longitude courue en autant de lieues que l'espace qu'ils contiennent sur le paralléle de l'arrivée en vaut sur l'Equateur, & mettez ce nombre de lieues en place du second terme de l'analogie ci-dessus ; au troisiéme terme, mettez la sécante du complément du Rhumb, & vous aurez au quotient la même chose que dessus, c'est-à-dire, la distance des lieues courues, ou l'hypoténuse du Triangle de navigation.

VII. EXEMPLE.

Pratique à la Rade.

Etant arrivé à une rade marquée sur la Carte réduite, & ayant un plan de cette rade, on demande sur le plan le point où est le vaisseau.

Soit le vaisseau à la rade A : il faut s'assurer du point de position du vaisseau dans cette rade, pour éviter les écueils qui pourroient s'y rencontrer : on trouve ce point par une seule station sur le vaisseau. Soient les trois points connus & marqués sur le plan de la rade D C B : prenez sur le vaisseau avec un instrument les angles visuels B C D, ensuite prenez un Rapporteur, & ajustez-en le centre sur le plan à peu près au point où vous jugez que doit être le vaisseau, puis reculez ou avancez le Rapporteur de maniére que les angles soient les mêmes sur le plan qu'ils ont été observés sur le vaisseau vers B C D ; alors le centre du Rapporteur marquera sur le plan la position juste du vaisseau, & l'on verra si ce point ne se trouve pas sur le plan au point de quelque brisant ou rocher, cette méthode toute mécanique qu'elle est, paroît la plus juste. *XXIV. Planche. Fig. 2.*

Ou bien géométriquement. Observez avec un instrument de dessus le vaisseau, les angles compris entre les rayons visuels A B, A C & A D ; formez aussi sur le plan le Triangle B C D par des lignes tirées de ces trois points B C D : & de la base B D tirez du côté de la terre des lignes B E,

D E, qui fassent des angles égaux aux observés sur le vaisseau, faites l'angle D B E égal à l'observé D A C, & réciproquement B D E égal à l'observé B A C, pour avoir le point d'intersection G, sur le plan du côté de la terre. Ensuite faites passer un cercle par les trois points B G D, tirez la ligne G C, & prolongez-la jusqu'à la circonférence du cercle; alors le point A (où la ligne G A C rencontrera la circonférence du cercle) sera sur la Carte le point où est le vaisseau.

VIII. EXEMPLE.

Pratique à la vûe des Côtes.

Connoissant les côtes & les terres à la vûe, & leur situation par rapport au vaisseau, on demande le point où l'on est sur la Carte.

Etant sur un navire, observez que l'Isle d'Ouessant est au N-E, & l'Isle des Saints à l'E, il s'agit de sçavoir sur la Carte le point où l'on est. Tirez pour cet effet sur la Carte d'Ouessant une parallele au S-O, ou N-E, & de l'Isle des Saints une autre ligne parallele à l'O ou E, le point où elles se rencontrent représente le lieu où l'on est : c'est ce qu'on appelle aussi *relever les terres*. De la même maniére, de deux positions de vaisseau, & le Rhumb connu, si l'on découvre les mêmes objets, on peut faire la Carte des côtes; il ne faut que se rappeller ce que nous avons dit des usages du Demi-cercle & de la Boussole, pour lever les plans, & l'appliquer ici pour sçavoir comment on doit se comporter pour lever les plans de dessus un vaisseau qu'on auroit arrêté sur ses ancres en deux points, dont on connoîtroit l'alignement par le rhumb de vent, & la distance par le Loch. Il ne nous reste plus qu'à parler de la maniére de lever les vûes des terres & des côtes, ce qui est très-utile à ceux qui approchent des terres; nous le ferons à la fin de cet ouvrage en donnant l'usage d'un instrument pour lever ces vûes très-facilement.

Des Loxodromies.

AYant expliqué suffisamment ci-dessus avant l'article des Cartes réduites, la nature de la Loxodromie (qui n'est autre chose que la ligne que décrit un vaisseau quand il suit un même Rhumb de vent, laquelle n'est alors ainsi que ledit Rhumb ni N & S, ni E & O, mais une courbe ou spirale) il ne nous reste plus qu'à enseigner la maniére de tracer ces lignes courbes sur un Globe terrestre ou une Mappemonde, & la méthode pour s'en servir dans la Navigation.

Décrivez une rose sur un petit papier, divisez-la en ses 32 airs de vent, huilez le papier & placez-le sur un Globe terrestre au milieu de l'Océan ou d'autres Mers, de sorte que la ligne N & S convienne à la même sur le Globe, & la ligne E & O aux memes lignes sur l'Equateur; alors vous marquerez les points des divisions de la rose sur le Globe, pour prolonger les Rhumbs de vent sur les Méridiens voisins; ensuite placez votre papier huilé sur le Méridien plus voisin à un point d'intersection, par exemple, figure H au point C, & orientez la rose comme au premier Méridien; marquez sur les Méridiens qui suivent, un point comme vous avez

XXIV. Planche. Fig. 6.

avez marqué en C; vous décrirez une ligne courbe par tous ces points, laquelle sera une Loxodromie. Il faut en faire autant sur toutes les premiéres ou les huit Rhumbs de vent qui sont partis de la rose au point A, & les conduire de Méridien en Méridien jusqu'aux environs du Pôle, & vous aurez les Loxodromies marquées sur un Globe. Ce que vous faites sur l'Equateur vous le pouvez encore répéter sur tout autre paralléle, afin de donner plus de roses sur le Globe, & faciliter le pointage des routes par la Loxodromie. Il faudra choisir les places les plus avantageuses sur le Globe, comme on a fait sur la Carte réduite. Ce que vous aurez pratiqué sur le Globe, se pratiquera de la même maniére sur les Méridiens d'une Mappemonde en observant toujours de bien orienter la rose transparente sur le Méridien, ou de faire un cercle du point A, comme centre, que vous diviserez pour en tirer les Loxodromies ou Rhumbs obliques; ensuite un autre cercle du point C, comme centre, pour continuer le quatriéme Rhumb; alors la division commencera du côté du N, & finira pour un quart au paralléle sur lequel est la rose, comme on a fait de A comme centre aux points Y & Z; & ainsi du reste.

Pour pointer une route sur le Globe, comme pour aller du 20me d. de Latitude & du 3me d. de Longitude à 33 d. de Latitude & à 10 d. de Longitude E, prenez sur le Globe avec un Compas la distance de 20 à 33 d. de Latitude sur un même Méridien, & avec un autre compas sur le paralléle de 33 d. & sur le Méridien de 3 d. de Longitude, la distance à 10 d; ensuite conduisez le premier compas sur les paralléles de 20 & 33 d. jusqu'à ce que vous rencontriez quelque Ligne loxodromique; alors arrêtant sous le Méridien, le point où est coupé le paralléle de 20 d. par une Loxodromie, prenez le second Compas avec son ouverture, portez-le sur le paralléle de 33 d. & voyez si la Loxodromie s'écarte vers E de 7 d. différence en longitude; si cela est, il faudra prendre ce Rhumb pour aller au lieu proposé, parce qu'il est paralléle à la route qu'on a dessein de courir. Ce que vous faites sur le Globe, vous le faites aussi sur la Mappemonde à très-peu de chose près.

Mais la Navigation par les Loxodromies se pratique bien plus sûrement par le calcul & les Tables, dont nous donnons ici le principe & un modéle, chacun devant en faire comme il en aura besoin, parce qu'on peut être obligé d'en faire pour chaque dégré du Quart de cercle. On sçait d'ailleurs que ce qu'on fait sur un quart du Globe ou de la Mappemonde sert aux trois autres quarts, & qu'il suffit de donner des régles pour ce quart, pour qu'elles soient les mêmes pour les trois autres quarts.

Chaque Table de Loxodromie contient trois colonnes : Elle commence à l'Equateur & s'augmente en approchant du Pôle. Voici une partie de celle dont on se sert dans la troisiéme Loxodromie, où le vaisseau est supposé parti de l'Equateur avec un Rhumb de 33 d. ¾, & égal sur tous les Méridiens, l'hypoténuse des Triangles qu'il fait étant supposée de 10 en 10 lieues. Il sera aisé de continuer cette Table & de trouver des quantités proportionnelles.

Table de la troisiéme Loxodromie ou de N - E ¼ N, qui commence à l'Equateur & qui fait avec les Méridiens qu'elle rencontre un angle de 33 d. ¾.

Lieues de distance courue.	*Latitude.* D	M	*Longitude.* D	M
10		25		16
20		50		33
30	1	15		49
40	1	40	1	7
50	2	5	1	23
150	6	14	6	21
1100	45	44	34	26
1130	46	59	35	38
1250	51	58	40	47
1280	53	13	52	9
1680	69	51	66	7

XXIV. Planche. Fig. b.

SOit A I L, une partie de la surface du Globe, I l'un des Pôles, A L une partie de l'Equateur, & A C E K le troisiéme quart de vent ou la troisiéme Loxodromie, & que la partie A C soit de 10 lieues, lesquelles multipliées par trois, seront 30 tiers de lieues, égaux chacun à une minute d'un grand cercle. Ainsi au Triangle A B C rectangle en B, ayant les tiers de lieues A C connus, avec les angles aigus A & C, on trouvera les minutes de Latitude sur le Méridien A B par cette régle de trois : comme 100000 ou rayon B C est à 30, qui sont les 30 tiers de lieues A C. Ainsi 83147 (sinus de l'angle C, 56 d. 15 m. & complément du Rhumb de vent) est aux minutes de Latitude A B, qui donnent pour 4me terme ou quotient 24 $\frac{94}{100}$ de minutes, c'est-à-dire, presque 25 m. de différence en Latitude, pour le côté A B répondant à 10 lieues sur le Rhumb A C, & successivement sur chaques 10 lieues jusqu'au bout de la Loxodromie, ou depuis l'Equateur jusqu'au Pôle. Ainsi la distance A C de 10 lieues donne A B ou C G 25 m. de Latitude; A E étant de 20 lieues, donne A H ou F E 50 m. de Latitude; & ainsi du reste.

Pour calculer la troisiéme colonne des Longitudes, c'est ainsi qu'il convient opérer. Ayant la différence en Latitude A B & l'angle de Rhumb de vent, il faut trouver la différence en Longitude B C avec les Latitudes croissantes. Faites cette régle de trois : Le rayon est aux parties croissantes de différence en Latitude A B, comme la tangente du Rhumb de vent est aux minutes de Longitude pour le côté B C; Et en continuant par la différence en Latitude C D & le Rhumb de vent, vous trouverez les minutes de Longitude pour D E, ainsi que pour tous les autres Triangles, dont l'un des côtés marque toujours la différence en Latitude de 25 m. & en ajoûtant les minutes de Longitude de D E à celles de A G ou H D, vous aurez les minutes de Longitude de H E ou A F, & ainsi du reste. De sorte que vis-à-vis chaque Latitude, vous trouverez les lieues de distance depuis l'Equateur sur ce Rhumb de vent, & les degrés & minutes de différence en Longitude, aussi depuis l'Equateur jusqu'à ce point en suivant ce Rhumb de vent.

Remarquez que plus les Triangles A B C sont petits, en contenant moins de lieues pour A C, plus les calculs sont justes; parce que le Triangle approche plus d'un rectiligne, dont la distance des lieues est l'hypoténuse, la Latitude observée un coté & un angle de 90 d. Outre cela l'angle du Rhumb étant connu, le calcul sera aisé par les régles générales.

La Table de Loxodromie donne donc trois choses qui regardent le dé-

part qui sont également dans chaque demande ou régle de Navigation, sçavoir, la différence en Latitude, la différence en Longitude & la distance des lieues courues, ce qui sert à trouver ainsi le reste, comme on le va voir par cinq exemples, qui répondront à ceux que nous avons donné sur la Carte réduite & le Quartier-de-réduction.

I. EXEMPLE.

Supposons qu'étant parti de 46 d. 59 m. N & de 12 d. de Longitude, on ait couru 150 lieues N-O $\frac{1}{4}$ N, on demande la Latitude & la Longitude de l'arrivée.

Dans la premiére colonne de la Table de la troisiéme Loxodromie vous avez depuis l'Equateur vis-à-vis lesdits 46 d. 59 m. 1130 lieues; & dans la troisiéme, 35 d. 38 m. de Longitude; or ajoûtez les 1130 lieues du départ aux 150 d'arrivée, & vous aurez 1280 lieues depuis l'Equateur. A la seconde colonne & vis-à-vis lesdits 1280 lieues vous voyez 53 d. 13 m. de Latitude à l'arrivée; à côté du même article vous voyez 42 d. 9 m. de Longitude; ôtez de cette Longitude celle de 35 d. 38 m. qui se trouve dans la troisiéme colonne, il restera 6 d. 31 m. qui est la véritable différence en Longitude, laquelle étant encore ôtée de la Longitude du départ (parce qu'on a couru O) il a dû rester 5 d. 27 m. pour la Longitude de l'arrivée. Mettez au net.

	Lieues	*Latitude*		*Longit.*	
		D	M	D	M
A la Latitude du départ il y avoit depuis l'Equateur	1130	46	59	35	38
Lieues de distance courue à ajoûter	150				
Donc les lieues de l'arrivée, cóme il est écrit vis-à-vis,	1280	53	13	42	9
Longitude du départ				12	
Différence tant en Longitude qu'en Latitude		6	14	6	31
Donc la Longitude d'arrivée est	. .	. .	. .	5	29

Si les Latitudes étoient de différentes dénominations, dont l'une fût septentrionale & l'autre méridionale, il les faudroit ajoûter l'une à l'autre, pour avoir leur différence en leur somme, comme nous avons fait au Quartier-de-réduction : quand une Longitude excédera 360 d. il faudra compter un.

II. EXEMPLE.

Les Longitude & Latitude de départ supposées, & le troisiéme Rhumb tenu, on demande la Longitude de l'arrivée, & la distance des lieues.

Nous supposons qu'on soit parti de 46 d. 59 m. N & de 12 d. de Longitude, & qu'on soit arrivé à 53 d. 13 m. de Latitude sous N-O $\frac{1}{4}$ N, ôtez desdits 53 d. 13 m. lesdits 46 d. 59 m. il restera 6 d. 14 m. pour la différence des Latitudes. Par la régle ci-dessus vous trouverez dans la Table à côté de 6 d. 14 m. de Latitude, 150 lieues; vous aurez la différence en Longitude en cherchant dans le même rhumb vis-à-vis de 46 d. 59 m. 35 d. 38 m. de Longitude, & vis-à-vis de 53 d. 13 m. de Latitude 42 d. 9 m. de Longitude; ôtez de 42 d. 9 m 35 d. 38 m. il restera 6 d. 31 m. de différence en Longitude, laquelle est O, & partant à

ôter de 12 d. du départ : on fera donc arrivé à 5 d. 29 m. de Longitude ; après avoir couru 150 lieues entre les paralléles fusdits. Mettez au net.

III. EXEMPLE

On part de 45 d. 44 m. N, & de 357 de Longitude, on a finglé 150 lieues entre N O. Ayant obfervé 51 d. 58 m. de Latitude N, on demande la Longitude de l'arrivée & le Rhumb de vent.

Examinez des Tables de différens Rhumbs ou faites-les, jufqu'à ce que vous ayez trouvé celle, où la différence des lieues réponde aux deux Latitudes du départ & de l'arrivée & foit précifément les 150 lieues de diftance propofée : or c'eft ce qui fe trouve ici dans le troifiéme Rhumb entre 1100 lieues répondantes au départ, & 1250 répondantes à l'arrivée en Latitude. D'où l'on conclud qu'on a tenu N-O $\frac{1}{4}$ N. Cherchez vis-à-vis de 150 lieues à la colonne des Longitudes, & vous verrez que 6 d. 21 m. de différence y répondent. Mais parce qu'on a finglé vers O, il les faut ôter de 35 d. & alors il reftera 350 d. 30 m. de Longitude pour l'arrivée. Mettez au net.

IV. EXEMPLE.

On part de 46 d. 59 m. N, & de 12 d. de Longitude : on veut aller à 53 d. 13 m. N, & à 5 d. 29 m. de Longitude. Quelle Loxodromie ou Rhumb prendra-t-on, & combien y a-t-il de chemin à faire ?

Examinez dans les Tables de différentes Loxodromies vis-à-vis des deux Latitudes données, fi vous trouvez entre les Longitudes qu'elles marquent chacune à leurs côtés, la différence de 6 d. 31 m. de Longitude. Dans la Table du troifiéme Rhumb vis-à-vis de 46 d. 59 m. de Latitude, vous avez 35 d. 38 m. & vis-à-vis de 53 d. 13 m. vous avez 42 d. 9 m. de Longitude ; ce qui fait la différence de 6 d. 31 m. C'eft donc ce Rhumb qu'il faut prendre.

Pour avoir la diftance de chemin à faire, prenez la différence d'entre les Latitudes, & vous aurez 6 d. 14 m. lefquels en cette Table donnent à leur côté 150 lieues de chemin. Mettez au net.

V. EXEMPLE.

On part de 45 d. 44 m. N, & de 357 m. de Longitude, pour aller par N-O $\frac{1}{4}$ N au 350 d. 30 m. de Longitude : on demande quelle fera la Latitude de l'arrivée, & combien il y aura eu de chemin ?

Pour la Latitude, cherchez dans la Table de la Loxodromie, ou du troifiéme Rhumb, la Longitude qui répond à 45 d. 44 m. N ; vous verrez que c'eft 34 d. 26 m. de Longitude : ajoûtez-y la différence connue, qui eft ici 6 d. 30 m. & vous aurez 40 d. 56 m. Cherchez ce nombre dans la Table du troifiéme Rhumb parmi les Longitudes, & vous lirez vis-à-vis : 51 d. 58 m. qui eft la Latitude de l'arrivée.

Quant au chemin, ôtez ce chemin de Latitude (qui eft de 45 d. 44 m. & qui en la Table eft 1100 lieues) de celui qui répond à 51 d. 58 m. qui eft 1250 lieues, & vous aurez dans le refte, 150 lieues de chemin à

faire. Mettez au net la route composée, c'est-à-dire, les corrections du compas & celles de l'estime, comme ci-dessus.

Des Marées ou Flux & Reflux de la Mer.

Les Navigateurs ne doivent pas ignorer ce que c'est que le Flux & Reflux de la Mer, ni l'heure qu'elle est basse ou haute dans les différentes Côtes où ils navigent. Quelque science qu'on ait des Marées dans les Ports, il n'est pas de la prudence de s'y hazarder sans le secours d'un Pilote côtier. Etant à la vue du Port on appelle ce Pilote par un ou trois coups de canon ; & en l'attendant, ainsi que l'heure du Flux qui porte dans le Port, on se soutient sur ses ancres, après avoir sondé à un cable de distance autour du vaisseau, s'il n'y a rien à craindre.

Le Flux ou *Flot* de la Mer est lorsqu'elle monte, & *le Reflux* ou *Jusant* est lorsqu'elle descend. Il y a deux fois Flux & Reflux en 24 h. 48 m. c'est-à-dire, que la Mer venant de la Zone-Torride & allant vers chacun des Pôles, monte le long des Côtes pendant 6 h. 12 m. puis se retire pendant 6 h. 12 m. Ainsi de 12 en 12 h. 24 m. elle est à sa plus grande hauteur : c'est ce qu'on appelle *Pleine-Mer* ; & elle est au contraire basse de 12 en 12 h. 24 m. ce qu'on appelle *Basse-Mer.*

On appelle *Vives-eaux* ou *Reverdies* les marées au tems des Nouvelles & Pleines-Lunes, parce que la Mer monte davantage pour être Pleine mer, & elle baisse davantage pour être Basse-mer, qu'elle ne fait dans les Quadratures, ce qu'on appelle alors les *Mortes-eaux.*

Communément les Marées montent & baissent davantage au tems des Equinoxes qu'en toute autre saison de l'année, c'est pourquoi les Reverdies de ces tems-là se nomment les *Grande Malines.* On estime que la Mer monte & baisse environ un 6me plus aux Reverdies des Equinoxes qu'à celles des Solstices ; & dans les autres tems à proportion. Lorsqu'on est dans des Côtes, on doit soigneusement remarquer combien les Marées y montent depuis la Basse-mer jusqu'à la Haute ; & par supputation, faire la meme chose pour les Grandes Malines. On verra dans les Tables combien montent les Marées dans chaque Côte aux Grandes Malines. Il est bon de sçavoir que les vents augmentent beaucoup les Marées, surtout quand ils portent vers les Côtes.

On sçait aussi que les mouvemens de la Mer sont réglés, suivant toutes les apparences, par les mouvemens de la Lune. Car la Mer retarde de 48 m. qui sont trois quarts d'heure trois minutes par jour, comme fait la Lune ; & par conséquent la Mer aussi-bien que la Lune retarde de quatre heures en cinq jours, & ainsi à proportion. Toutes les fois qu'il est Pleine-Mer dans un Port ou dans une Côte, c'est toujours au moment que la Lune se trouve à un Cercle horaire. Nous avons donné quelque raison du Flux & Reflux de la Mer dans le Traité de l'*Usage des Globes.*

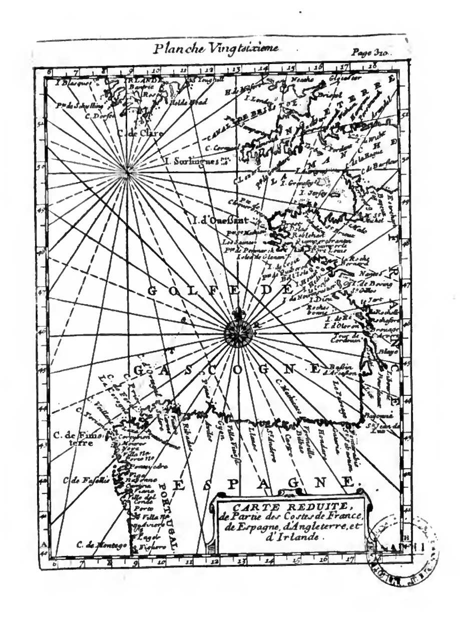
Il y a plusieurs Tables qui marquent l'heure de la Pleine-Mer aux jours de la Pleine & Nouvelle-Lune dans les différens Ports, Havres & Côtes. Celle qui suit montre à quelle heure il est Pleine-Mer dans les principaux Ports de France, d'Angleterre & de Hollande, après le passage de la Lune par le Méridien de ces lieux.

Table du retardement des Marées en différens Ports.

	D	M.		D.	M.		D.	M.
L'Embouchure			Dordreck,	3	0	Isigni,	8	0
de la Tamise,	0	0	Olone,	3	15	Etreham,	8	30
L'Ecluse,	0	30	Beauvoir,	3	15	Dive,	8	30
Flessingues,	0	30	Dingle,	3	15	Caën,	9	0
Rouen,	1	15	S. Jean de Lutz,	3	30	Honfleur,	9	0
Belle-Isle en Bre-			Baïonne,	3	30	Le Havre,	9	0
tagne,	1	30	Vannes,	3	45	Fescamp,	9	45
Yermouth en An-			La Rochelle,	3	45	S. Vallery en		
gleterre,	1	30	Brouage,	3	45	Caux,	9	45
L'Embouchure de			S. Pol de Léon,	4	0	Dieppe,	10	30
la Meuse,	1	30	Rochefort,	4	15	Le Tréport,	10	30
Brest,	2	45	Rochebernard,	4	30	Larie en Angle-		
Cap de Four,	2	45	Flamouth en An-			terre,	10	30
La côte de Gas-			gleterre,	5	30	L'Embouchure		
cogne & de			Plimouth, &			de la Somme,	11	0
Guienne,	3	0	Dermont,	6	0	S. Valery en		
L'Embouchure de			S. Malo,	6	0	Picardie,	11	0
la Garonne,	3	0	Cancale,	6	0	Boulogne,	11	0
L'Isle de Ré,	3	0	Mont S. Michel,	6	30	Ambleteuse,	11	30
La côte du Poitou,	3	0	Pontorson,	6	30	Douvre,	11	30
L'Embouchure de			Granville,	6	45	Calais,	11	30
la Loire,	3	0	Bristol en Angle-			Dunkerque,		
Barvic en Angle-			terre,	6	45	Nieuport &	12	0
terre,	3	0	Barneville,	7	0	Ostende,		
Amsterdam,	3	0	Cherbourg,	7	30			
Rotterdam,	3	0	Barfleur,	7	30			

Le 8 Août 1725, la Lune a passé au Méridien de Diéppe à 0 h. 13 m. ou Midi 13 m. Pour le démontrer, vous voyez que dessus la Table l'heure de la Pleine-Mer à Dieppe est 10 h. 30 m. après le passage de la Lune au Méridien. Ajoûtez ces deux sommes ensemble, & vous trouverez que le 8 Août 1725, il a dû être Pleine-Lune à Dieppe à 10 h. 43 m. du soir.

On se sert encore utilement de la connoissance des Marées, lorsqu'arrivé à la vûe d'un Port on s'est soutenu à l'ancre pendant un jour, & qu'on a sçu d'une Chaloupe à quelle heure & à quelle hauteur la Marée a monté : alors connoissant l'âge de la Lune, on sçait si après 12 heures 24 m. elle sera plus ou moins haute, & à quelle heure. Supposons par exemple, que le 5 Mars 1726 on se soit presenté au Port de Bordeaux, on a dû connoître que la Lune avoit deux jours après la Nouvelle-Lune ; la Lune retardoit donc de 1 h. 36 m. à passer par le Méridien. La Marée en Nouvelle-Lune a été trouvée sur les lieux à 3 h. 40 m. après le passage de la Lune au Méridien, par observation ou par la Table de son retardement aux Ports principaux ci-dessus ; Donc le 2me de la Lune la Marée a dû arriver 1 h. 36 m. plus tard, c'est-à-dire, que le 5 Mars 1726 la Marée a donné lieu d'entrer à Bordeaux ou à 5 h. 25 m. du matin, ou à 5h


CARTE REDUITE,
de Partie des Costes de France, de Espagne, d'Angleterre, et d'Irlande.
GOLFE DE
GASCOGNE
ESPAGNE.
PORTUGAL
C. de Clare
I. Sorlingues
I. d'Oueßant
C. de Finisterre
C. de Fasellis
C. de Montego
I. de Ré
I. d'Oleron
Bassin d'Arcaßon
Bayonne
Blaye
Nantes
I. Dieu
I. Jersey
Holde Head
Bristol

49 m. du soir du même jour. Pour éviter le calcul d'une Table du retardement des Marées, en voici une toute calculée.

Table du retardement des Marées selon les jours d'après les Nouvelles ou Pleines Lunes.

Jours d'après la Nouvelle-Lune	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Jours d'après la Pleine-Lune.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Heure & mi. H. de retardem. M.	0 0	0 48	1 36	2 24	3 12	4 0	4 48	5 36	6 24	7 12	8 0	8 48	9 36	10 24	11 12	12 0

Du Journal de Navigation.

Pour éviter beaucoup d'écriture, on fait un Journal de Navigation dont vous voyez un modéle plus bas, où l'on marque en peu de mots & très-clairement tout ce qui s'est passé dans le voyage. Au moyen du calcul que nous avons enseigné dans tous les exemples de Navigation, on dresse les articles particuliers de ce Journal; & en pratiquant l'exemple de la route composée, on arrête ce Journal de tems en tems pour sçavoir où l'on est, afin de prendre les précautions nécessaires, si on a lieu de soupçonner qu'on approche de terre; auquel cas on met la Chaloupe en mer, qui sonde devant le vaisseau & l'avertit des dangers qu'il courroit s'il levoit ses ancres, ou s'il employoit trop de voiles.

La *Sonde* est un cône de fer, creux sous sa base & rempli de suif. Quand on la jette, elle donne la profondeur de la Mer parce qu'elle file de corde, & rapporte collé au suif la nature du sable, ou des traces raboteuses, si c'est un fond de roche. La figure V. est un vaisseau. *XXIV. Planche. Fig. 5.*

Jour du mois de ann.	*qualité de vent*	*dist. esti.*	*dist. corr.*	*Rumb estim.*	*Rumb corri.*	*Latitude estimée.*	*Latitude observée. D. M. N.*	*moyen paralléle. D. M.*	*Longit. estim.*	*Longit. corrig.*	*variat. compas. dégrés.*	*N*	*S*	*E*	*O*
1	S E	27	24	SOS	SOS	50 46	50 49	0 0	0 0	12 20	3 NO	0 0	20	0 0	11
2	*Calme*	70	& ainsi pour chaque autre jour de Navigation.												

Voilà en abregé la construction & les usages des principaux Instrumens qui servent à la Navigation. Il y a sur cette matiére quantité d'autres choses à dire; mais comme elles ne nous concernent pas directement, nous n'en dirons pas davantage à cet égard. Les personnes curieuses de cette science peuvent consulter plusieurs bons Livres qui en traitent à fonds.

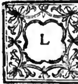
Fin du septiéme Livre.



DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES CADRANS SOLAIRES.

LIVRE HUITIÉME.

Obſervations Préliminaires.



LA *Gnomonique* (dont nous avons à traiter ici) eſt la ſcience de marquer ſur un Plan la projection des Cercles de la Sphére, & de faire connoître par l'Ombre d'un Style tombant ſur quelqu'une des lignes repréſentantes ces mêmes Cercles, le Cercle Horaire dans lequel le Soleil ſe trouve ; & par ce moyen faire connoître l'heure qu'il eſt.

Cela poſé, le Soleil, l'extremité du Style, ou l'axe du Cadran dans ſa poſition paralléle à l'axe du monde, & l'Ombre, ou la ligne horaire qui en eſt marquée, ſont dans un même Plan.

Les *Cadrans Solaires* prennent leurs noms des principaux Cercles de la Sphére auſquels ils ſont paralléles. On appelle, par exemple, *Cadran Horiſontal*, celui qui eſt paralléle à l'Horiſon ; *Cadran Equinoxial*, celui qui eſt paralléle à l'Equateur ; *Cadrans Verticaux*, ceux qui ſont paralléles à quelqu'un des Cercles verticaux, & ainſi des autres.

Aux ſurfaces des Cadrans, pour y montrer l'Heure, on met deux ſortes

tes

tes de *Style* ; l'un appellé *droit*, qui consiste en une verge pointue, laquelle par son extrémité & d'un seul point d'ombre marque l'Heure ou partie de l'Heure qu'il est ; l'autre est nommé *oblique* ou *incliné*, ou bien *axe*, qui montre l'Heure par une ombre étendue.

Le bout du Style droit de tous les Cadrans représente le Centre du monde & par conséquent des Cercles dont ils tirent leurs dénominations. Le Plan du Cadran est éloigné du centre de la terre, autant que le Style droit a de longueur.

La distance du Soleil au Centre de la Terre est si grande, que l'on peut estimer tous les points de la superficie de la Terre que nous habitons, comme s'ils étoient joints au Centre même, sans que l'on puisse s'appercevoir que cette différence, qui est la distance de tout le Demi-diamétre de la Terre, c'est-à-dire, plus de 1400 lieues communes de France, apporte aucun changement sensible au mouvement journalier du Soleil autour du centre de la terre, ou autour d'une ligne droite qui passe par ce Centre, & que l'on nomme *l'Axe du monde*.

C'est pourquoi l'extrémité du Style de tous les Cadrans peut être prise pour le Centre de la terre, & la ligne paralléle à l'axe du monde, qui passe par l'extrémité de ce Style, peut être considérée comme l'axe du monde.

Les *Lignes Horaires*, que l'on trace sur les Cadrans, sont les rencontres des Cercles Horaires de la Sphére du Monde avec le Plan des Cadrans.

Le *Centre du Cadran* est la rencontre de sa surface avec l'axe du Cadran qui passe par la pointe du Style & qui est paralléle à l'axe du Monde. Toutes les Lignes Horaires se rencontrent au Centre du Cadran.

Tous les Plans des Cadrans peuvent avoir un centre, excepté ceux qui sont Orientaux, Occidentaux ou Polaires, dont les lignes Horaires sont paralléles entre elles & à l'axe du Monde.

La *Verticale du Plan du Cadran* est une ligne, qui passant par l'extrémité du Style, rencontre perpendiculairement ce Plan, & y détermine le pied ou le lieu du Style. On appelle *Style droit* ou *Hauteur du Style*, la partie de cette Verticale comprise entre le pied & la pointe du Style.

La *Verticale du lieu* est la ligne droite, qui passant par l'extrémité du Style, est perpendiculaire à l'Horison.

On appelle encore *Ligne verticale* d'un Cadran, celle qui passant par le pied du Style est perpendiculaire à l'Horisontale. Elle est la section que fait avec la surface du Cadran, le Cercle vertical, qui lui est perpendiculaire.

Il y a aussi deux Méridiennes, dont l'une est la *Méridienne propre du Plan* ou la *Soustylaire*, parce que son cercle, qui est un des Méridiens, passe par la Verticale du Plan & par conséquent par le pied du Style ; l'autre, qui est la Méridienne du lieu, a son cercle méridien, qui passe par la Verticale du lieu.

Lorsque le Cadran ne décline point à l'Orient ou à l'Occident, la Soustylaire ou la Méridienne du Plan est jointe à la Méridienne du lieu ou ligne de 12 h. quoique la surface du Cadran soit verticale ou horisontale, ou même inclinée en dessus ou en dessous.

La *Ligne Horisontale* du Cadran est la rencontre de la surface du Cadran

avec un Plan horifontal ou de niveau, qui paffe par la pointe du Style.

La *Ligne Equinoxiale* eft la rencontre de la furface du Cadran avec le Plan du Cercle équinoxial. Cette ligne eft toujours d'équerre ou perpendiculaire avec la Souftylaire ; c'eft pourquoi lorfque la Souftylaire eft pofée, & que l'on a un point de la Ligne équinoxiale, on a auffi la pofition de toute cette ligne. Au contraire la Ligne équinoxiale étant donnée, on aura la Souftylaire, qui fera la ligne perpendiculaire ou à angles droits à cette équinoxiale. La Souftylaire doit paffer par le pied du Style & par le centre du Cadran.

La ligne de 6 h. paffe toujours par la rencontre de la Ligne horifontale & de l'équinoxiale aux Cadrans déclinans. Ainfi le point de rencontre de ces deux lignes eft un des points de la ligne de 6 h.

Le *point*, où fe rencontrent tant la Souftylaire que la Méridienne, eft le centre du Cadran.

Quand on veut faire un Cadran, il faut commencer par trouver quelle eft la pofition du Plan (par exemple, du mur où l'on veut le faire) à l'égard de l'une ou de l'autre des quatre parties cardinales du monde. Pour cet effet on peut prendre par obfervation quelques points d'ombre fur le Plan du Cadran, qui fervent à en déterminer la pofition & à trouver enfuite par les régles de la Gnomonique ou de l'Horlogiographie, toutes les lignes que l'on veut repréfenter. C'eft de ces points que dépend toute la jufteffe du Cadran.

Ces points d'ombre fe prennent en un même jour, à 3 ou 4 h. l'un de l'autre : ils doivent être écartés le plus qu'il eft poffible, afin que les autres points & lignes néceffaires en foient plus démélés.

CHAPITRE PREMIER.

Des Cadrans réguliers & irréguliers qui fe tracent fur des Plans & des corps de différentes figures.

CEt Inftrument repréfente un corps évuidé, ayant 14 Plans, fur chacun defquels on peut tracer un Cadran. On le fait de bois, de pierre, de cuivre ou de toute autre matiére folide.

XVII Planche. Fig. 1. Le Plan marqué A, eft paralléle à l'Horifon : c'eft pourquoi on y trace un Cadran Horifontal, auffi-bien que fur le Plan marqué E, mais celui-ci eft fort peu éclairé par l'empêchement des Plans D & F.

Le Plan B & le Plan F, qui lui eft oppofé, font l'un & l'autre paralléles à l'axe du Monde, & font chacun un angle de 49 d. avec l'Horifon de Paris : car nous fuppofons tous ces Cadrans faits pour la hauteur du Pôle de cette Ville. Sur chacune de leurs furfaces fupérieures (qui font celles que nous préfente la figure en B & en F) on trace un Polaire fupérieur ; & fur celles (qui font contre-pofées à celles-ci & qui nous font cachées, étant inférieures) on décrit un Polaire inférieur. Il en eft de même des autres Plans de ce corps oppofés entre eux, duquel la forme évuidée donne pour chacun deux furfaces, l'une fupérieure, & l'autre inférieure.

Le Plan C eft paralléle au premier Vertical ; & comme il regarde le

Midi, on y trace un Cadran Vertical méridional : mais son opposé, qui est vers G, étant tourné directement au Septentrion, on y en trace un Vertical septentrional, qui n'a pû se représenter en cette figure.

Le Plan H est paralléle à l'Equateur : c'est pourquoi il fait un angle de 41 d. avec l'Horison, qui est le complément de la Hauteur du Pôle à Paris. On y trace un Cadran Equinoxial supérieur, & à son opposé D un autre Equinoxial inférieur.

Le Plan marqué K, est paralléle au Plan du Méridien; & comme il est tourné directement à l'Occident, on y trace un Méridional occidental; & au Plan qui lui est opposé, on en trace un Méridional oriental.

Le Plan marqué I fait un angle de 45 d. avec le Vertical méridional; c'est pourquoi on y trace un Vertical déclinant de 45 d. du Midi à l'Occident; son opposé est déclinant du Septentrion à l'Orient de 45 d. Enfin le Plan marqué L est un déclinant du Septentrion à l'Occident, aussi de 45 d. & son opposé est un déclinant du Midi à l'Orient de la même déclinaison.

Les neuf premiers Cadrans se nomment *réguliers*, & les quatre derniers, qui sont des déclinans, se nomment *irréguliers*.

Tous les axes de ces Cadrans sont paralléles entre eux & à l'axe du monde.

Nous donnerons ci-après la construction de tous ces Cadrans, aussi-bien que de ceux dont nous allons parler dans l'Instrument qui suit.

Construction des Cadrans, qui se tracent sur un Dodécaëdre.

CEtte figure est un des cinq corps réguliers, dont nous avons ci-devant donné (*Liv. I.*) le developement & la coupe en carton, avec la maniére de les former en réunissant leurs côtés. Il est nommé *Dodécaëdre*, parce qu'il est terminé par 12 pentagônes réguliers, sur lesquels on peut tracer autant de Cadrans, excepté celui qui lui sert de base. Fig. 2.

Le Plan A étant placé horisontalement, on y trace un Cadran Horisontal, dont la ligne de 12 h. coupe en deux également un des angles du pentagône.

Sur le plan B (qui est tourné vers la partie méridionale du monde) on trace un Cadran Vertical méridional sans déclinaison, incliné au Zénith ou vers le Ciel de 63 d. 26 m. Son Centre est en haut, & sa Soustylaire est la ligne de 12 h. Son opposé est un Vertical Septentrional sans délinaison, incliné au Nadir ou vers la Terre de 63 d. 26 m. Son centre est en bas.

Le Cadran marqué C est un déclinant du Midi vers l'Orient de 36 d. & incliné vers la Terre de 63 d. 26 m : son centre est en haut. Son opposé est un déclinant du Septentrion vers l'Occident de 36 d. incliné au Zénith de 63 d. 26 m : le centre est en bas.

Le Cadran marqué D est un déclinant du Septentrion vers l'Orient, de 72 d. incliné au Nadir de 63 d. 26 m : le centre est en haut. Son opposé est un déclinant du Midi vers l'Occident de 72 d. incliné au Zénith de 63 d. 26 m : le centre est en bas.

Le Cadran marqué E est un déclinant du Septentrion vers l'Orient de 36 d. incliné au Zénith de 63 d. 26 m. le centre est en bas. Son opposé

eſt un déclinant du Midi vers l'Occident de 36 d. incliné au Nadir de 63 d. 26 m. : le centre eſt en haut.

Enfin le Cadran marqué F eſt un déclinant du Midi à l'Orient de 72 d. incliné au Zénith de 63 d. 26 m : le centre eſt en bas. Son oppoſé eſt un déclinant du Septentrion à l'Occident de 72 d. incliné au Nadir de 63 d. 26 m. : Son centre eſt en haut.

Tous ces Cadrans ſont garnis de leurs axes qui ſont paralléles entre eux & à l'axe du monde.

On place ces corps ſur un pied dans un lieu bien expoſé au Soleil. On les oriente par le moyen d'une Bouſſole ou d'une ligne Méridienne tracée comme nous le dirons ci-après ; & tous les Cadrans éclairés du Soleil en même tems marquent la même heure.

Si l'on veut placer dans un jardin le Dodécaëdre ſur un piédeſtal bien affermi, il faut qu'il ſoit fait de matiére ſolide, comme de pierre ou de bon bois peint à l'huile, afin de pouvoir réſiſter aux injures du tems ; c'eſt pourquoi nous allons ici donner la maniére de tailler ce corps.

Fig. 3. Ayez un bloc de pierre taillé en cube parfait ; diviſez en deux également chacun des quatre côtés de ſes ſurfaces par deux diamétres A C & B D. Des points A & C faites l'angle E A F de 116 d. 34 m. c'eſt-à-dire, 58 d. 17 m. de part & d'autre du diamétre A C, parce que toutes les ſurfaces du Dodécaëdre font les unes avec les autres des angles de 116 d. 34 m. C'eſt pourquoi deux de ſes faces étant poſées horiſontalement, toutes les autres inclinent de 63 d. 26 m. complément à 180 d. L'eſpace entre F & G, ou E H eſt la longueur de chaque côté des Pentagônes. Portez la moitié B F de part & d'autre du point I en X & en Q, & faites la même choſe ſur toutes les autres faces du cube, les diamétres perpendiculairement l'un ſur l'autre, enſuite retranchez toute la pierre le long de ſes diamétres juſqu'aux extrémités des côtés, comme depuis & tout le long du diamétre K M tirant vers B, & taillant en ligne droite les deux angles ſolides juſqu'au point Q en la premiére ſurface, de même tout le long du diamétre L N, tirant vers K, allant droit au point S, & encore tout le long du diamétre B D, tirant vers A juſqu'au point T. Les autres faces ſe tailleront de même. Pour faciliter la main & l'imagination de l'ouvrier il eſt à propos d'avoir un de ces corps faits de carton devant ſoi, afin de mieux repréſenter les angles & les côtés qu'il faut retrancher.

On peut encore tailler ce corps étant premiérement de figure cylindrique, mais la méthode que nous donnons eſt ſuffiſante.

On fait auſſi de ces ſortes de Cadrans en cuivre & plus petits & fort curieux.

Conſtruction du Cadran Horiſontal.

Fig. 4. LA figure 4 eſt un Cadran Horiſontal. Pour le tracer, tirez premiérement les deux lignes droites A B, C D ſe coupantes à angles droits au point E, qui ſera le Centre du Cadran. La ligne A B ſera la Méridienne, ou ligne de 12 h. & C D celle de 6 h. Faites l'angle B E F égal à celui de l'élévation du Póle, comme à Paris de 49 d. On ſçait par obſervation que Paris n'eſt qu'à 48 d. 51 m ; mais nous négligeons les 9 m. comme étant très-peu de choſe pour les Cadrans. La ligne EF repréſente l'axe du monde, dans lequel ayant choiſi le point G, comme s'il étoit le

Centre de la terre, vous tirerez à angles droits G H, qui représente le rayon de l'Equateur rencontrant la Méridienne en H. Faites ensuite H B, prise avec un Compas, égale à H G; & tirez la droite L H K perpendiculaire à la Méridienne, & représentant la commune section de l'Equateur avec le Plan du Cadran. Pour y tracer les Heures, décrivez du point B, comme centre, le Quart-de-cercle M H; divisez-le en six arcs égaux, qui seront de 15 d. chacun, & tirez les lignes ponctuées B 5 B 4 B 3 B 2 B 1, qui diviseront la ligne L K en des points, par lesquels vous ferez passer les lignes Horaires, qui seront tirées du point E, Centre du Cadran, auquel on peut donner telle figure que l'on veut, soit de quarré-long ou parallélogramme, comme celles des figures 1 & 4; soit de pentagône régulier, comme la figure 2, & ainsi des autres.

Au lieu du Quart-de-cercle M H, on peut, pour plus grande facilité, tracer seulement un arc de 60 d. dont la corde est égale au rayon; & l'ayant divisé en quatre arcs égaux, de 15 d. chacun, on en ajoûtera un pour la cinquiéme Heure.

Pour y tracer les Demi-heures, divisez en deux également chacun des arcs de la circonférence M H, pour avoir des arcs de 7 d. 30 m. (que l'on peut encore subdiviser en deux pour avoir des Quarts-d'heure) on les tirera du point B par des lignes occultes, jusqu'à la rencontre de l'Equinoxiale K L, par ces points de rencontre, & par le Centre E du Cadran vous tracerez toutes les lignes Horaires.

Les divisions marquées dans la partie L H se transportent avec un Compas dans l'autre partie H K, parce que les Heures également éloignées de 12 h. tant avant qu'après-midi, font avec la Méridienne des angles égaux; les lignes de 7 & 8 H. du matin prolongées au-delà du Centre du Cadran donnent les lignes de 7 & 8 H. du soir; & les lignes de 4 & 5 Heures après Midi prolongées de même, donnent 4 & 5 H. du matin.

Ce Cadran étant affermi sur un Plan bien de niveau, c'est-à-dire, paralléle à l'Horison, exposé au Soleil & bien orienté, en sorte que la ligne A 12 convienne avec la Méridienne du monde, & que le Style triangulaire E H N ou EIG ou E G H, étant élevé perpendiculairement sur la ligne de 12 H., l'axe E F soit paralléle à l'axe du monde; l'ombre de cet axe marquera les Heures exactement depuis le lever du Soleil jusqu'à son coucher.

Construction du Cadran Vertical sans déclinaison.

CE Cadran est paralléle au premier Vertical qui coupe le Méridien à angles droits & passe par les points d'Orient & d'Occident des Equinoxes sur l'Horison. Fig. 5.

Pour le tracer, tirez premiérement les lignes E B & C D à angles droits, dont la premiére sera de 12 H. & l'autre de 6. Faites au point E, Centre du Cadran, l'angle B E F égal au complément de l'élévation du Pôle, comme à Paris de 41 d.: élevez perpendiculairement sur la Méridienne la ligne I G, qui sera le Style droit, dont le point I est le pied, & G l'extrémité; qui, comme nous avons dit, peut passer pour Centre de la Terre. Cette ligne du Style droit I G, prolongée de part & d'autre est la ligne Horisontale.

La ligne E G F représente l'axe du monde, sur lequel tirez à angles

droits la ligne G H jusqu'à la rencontre de la Méridienne. Cette ligne G H représente le rayon de l'Equateur, & la ligne L H K tirée par le point H, qui coupe la Méridienne à angles droits, est l'Equinoxiale, c'est-à-dire, la commune section de l'Equateur avec le Plan du Cadran. Faites H B égale à H G; du point B comme Centre, décrivez la circonférence du Quart-de-cercle M H, que vous diviserez en six arcs égaux de 15 d. chacun, par des lignes ponctuées, qui diviseront la ligne L K en parties inégales, qui seront les tangentes de ces arcs, ainsi que dans l'Horisontal; enfin par ces points de division, & par le centre E vous tirerez les lignes Horaires depuis 6 H. du matin jusqu'à 6 H. du soir, qui formeront le Cadran, comme il se voit en ladite figure 5.

Si l'on veut y marquer les Demi-heures & les Quarts, on subdivisera les espaces du Quart-de-cercle M H en deux; & encore en deux. Par ces sous-divisions on tirera des lignes ponctuées du point B jusques sur l'Equinoxiale L K.

Ce Cadran se place sur un mur ou sur un plan bien perpendiculaire à l'Horison & tourné directement au Midi; c'est pourquoi on le nomme *Vertical méridional.*

Sa Méridienne ou ligne de 12 h. doit être parfaitement à plomb, & sa ligne Horisontale doit être bien de niveau. Il a le centre en-haut, & l'extrémité de son axe tend au Pôle inférieur. Son opposé se nomme Vertical septentrional; il a le centre en-bas, & l'extrémité de son axe tend au Pôle supérieur du monde. Sa construction est la même que celle du Vertical méridional; car les lignes Horaires & l'axe font les mêmes angles avec la Méridienne. Le Cadran Vertical septentrional ne marque les Heures que pendant les grands jours d'Eté; sçavoir, le matin depuis le lever du Soleil jusqu'à ce qu'il passe par le premier Vertical, & le soir depuis le tems qu'il repasse par le premier Vertical jusqu'à son coucher. Quand le Soleil décrit le Tropique d'Eté, il se léve sur l'Horison de Paris à 4 h. & arrive au premier Vertical à 7 h. 29′ 20″ du matin; l'après-midi il repasse par le premier Vertical à 4 h. 30′ 40″ du soir, & se couche à 8; c'est pourquoi l'on marque sur ce Cadran les Heures depuis 4 h. du matin jusqu'à près de 7 h. & demie, qu'il cesse d'être éclairé, & depuis 4 h. & demie du soir qu'il recommence d'être éclairé jusqu'à 8 h.

D'où il suit qu'en ce tems-là le Vertical méridional n'est éclairé que depuis environ 7 h. & demie du matin jusqu'à 4 h. & demie du soir, qui est l'espace de tems que les rayons du Soleil manquent au Septentrional.

Mais quand le Soleil par son mouvement annuel a rejoint l'Equateur, il ne marque plus les heures sur le Vertical septentrional; il les marque sur son opposé depuis son lever jusquà son coucher.

Construction du Cadran Pôlaire.

La figure 6 représente un *Pôlaire* supérieur. C'est un Cadran incliné vers le Ciel, mais qui ne décline point; car il est parallèle à l'axe du Monde & au cercle de 6 h., qui coupe le Méridien à angles droits. C'est pourquoi il ne peut jamais marquer 6 h. du matin ou du soir, parce que pour lors l'ombre du Style étant parallèle au Plan du Cadran, il n'y peut pas faire ombre.

Ce Cadran n'a point de centre, & les heures sont paralléles entre elles & à l'axe du Monde. Son Plan étant paralléle à un Horison de la Sphére droite, passe par les deux Póles du monde, d'où il tire son nom de *Pôlaire*.

Pour le tracer tirez premiérement la ligne A B, représentant l'Equinoxiale, & tirez-lui à l'équerre I D, qui sera la Méridienne ou ligne de 12 h.; prenez la longueur du Style à discrétion, suivant la grandeur du Plan, comme ici C D. De son extrémité D faites un Quart-de-cercle que vous diviserez en six arcs égaux, ou seulement un arc de 60 d. que vous diviserez en 4 de 15 d. chacun pour les quatre premiéres heures après-Midi, & ajoûtez ensuite un pareil arc de 15 d. pour la 5me h. Du point D, tirez des lignes ponctuées par les divisions de la circonférence dudit arc, jusqu'à la rencontre de la ligne A B; & par ces points de rencontre tracez les lignes Horaires paralléles à la Méridienne ou perpendiculaire à l'Equinoxiale. Les espaces des Heures également éloignées de Midi devant & après étant égaux, on n'a qu'à transporter les distances marquées sur la ligne C A, de l'autre côté sur la ligne C B. Fig. 6.

Le Style doit être égal à C D ou à C F distance de Midi, à 3 h. ou 9 h. & se peut faire en forme de Parallélogramme rectangle, comme celui qui est marqué au-dessus de la lettre K, dans ladite figure 6. Il se place le long de la ligne de 12 H. qui pour cette raison est nommée *Soustylaire*.

Si l'on ne met qu'une simple verge pour Style, comme celle qui se voit au point C de la Méridienne, il ne marquera les Heures que par l'ombre de sa pointe, au lieu que le Parallélogramme les marque par une ligne.

Le Pôlaire supérieur peut marquer les Heures depuis 7 h. du matin jusqu'à 5 h. du soir.

Le Pôlaire inférieur ne peut servir que dans les grands jours d'Eté; il marque les Heures depuis le lever du Soleil jusqu'à 5 h. du matin, & depuis 7 h. du soir jusqu'au coucher du Soleil; pour l'élévation du Póle de Paris, on y marque 4 & 5 h. du matin, comme aussi 7 & 8 h. du soir. Sa construction est la même que celle du Pôlaire supérieur, car la distance depuis la Soustylaire jusqu'à 4 & 5 h. d'après Midi sur le Pôlaire supérieur, est la même que celle de la Soustylaire du Pôlaire inférieur jusqu'à 4 & 5 h. du matin, de même que jusqu'à 7 & 8 h. du soir. C'est pourquoi nous avons jugé inutile d'en tracer la figure.

La distance des Heures dépend de la grandeur du Style. Ainsi elles seront plus ou moins éloignées les unes des autres à proportion que l'extrémité D sera plus ou moins éloignée de l'Equinoxiale.

Pour placer ce Cadran à Paris, il faut que son Plan fasse avec l'Horison un angle de 49 d.: Le Cadran supérieur est tourné vers le Ciel & directement au Midi, afin que son axe soit paralléle à l'axe du Monde; son opposé, qui est l'inférieur, est incliné vers la Terre; les Heures du matin sont vers l'Occident & celles du soir vers l'Orient.

Pour y tracer la ligne Horisontale, du point F, extrémité du Style, comme centre, décrivez l'arc G H, égal au complément de l'élévation du Pôle, c'est-à-dire, de 41. d. pour Paris; tirez la droite F H qui coupera la Méridienne au point I, par lequel vous tirerez à angles droits l'Horisontale L K, laquelle servira à connoître si le Cadran est bien placé, & s'il a son inclinaison convenable. Car pour cela il faut qu'un Plan posé le long

de la ligne Horisontale & appuyé sur la pointe du Style, qui est en l'air, soit de niveau ou paralléle à l'Horison.

Dans les pays où la Sphére est droite, le Cadran pôlaire se place parallélement à l'Horison ; & dans la Sphére paralléle, il se place verticalement, c'est-à-dire, sur les murs à plomb qui ne déclinent point.

Construction du Cadran Equinoxial.

LE Cadran Equinoxial se divise en supérieur & en inférieur. Le supérieur ne marque les heures que pendant six mois de l'année ; sçavoir, depuis l'Equinoxe de Printems jusqu'à celui d'Automne. Son opposé, qui est un Equinoxial inférieur, marque les Heures pendant les six autres mois ; c'est-à-dire, depuis l'Equinoxe d'Automne jusqu'à celui du Printems.

Le Plan de ces Cadrans est paralléle à l'Equateur & est coupé à angles droits en son centre par l'axe du Monde.

Fig. 7. Pour le construire tirez à angles droits deux lignes droites A H, E D, dont la premiére sera la ligne de 12 H. & l'autre celle de 6 H. Du point d'interfection A, décrivez une circonférence de cercle, dont chaque quart sera divisé en six parties égales, pour avoir 6 H. de suite, comme depuis 6 jusqu'à 12, qui serviront à tirer du centre toutes les lignes Horaires, qui font entre elles des angles égaux de 15 d. chacun. Chaque espace divisé en deux donne les Demi-heures, & les arcs de Demi-heures subdivisés en deux donnent les Quarts.

La construction de l'Equinoxial supérieur & de l'inférieur est le même. Dans les pays où la Sphére est paralléle, c'est-à-dire, qui ont le Pôle au Zénith, il n'en faut qu'un qui sert d'Horisontal. Dans les pays où la Sphére est droite, c'est-à-dire, où les deux Pôles sont sur l'Horison, ces Cadrans sont verticaux sans décliner, & se placent contre les murailles, l'un tourné vers le Pôle Arctique, & l'autre vers l'Antarctique. Chacun de ces Cadrans est éclairé six mois de l'année. Mais dans la Sphére oblique, comme celle que nous habitons, ces Cadrans sont inclinés à l'Horison, & font un angle égal à celui du complément de la Latitude, c'est-à-dire, à Paris de 41 d.

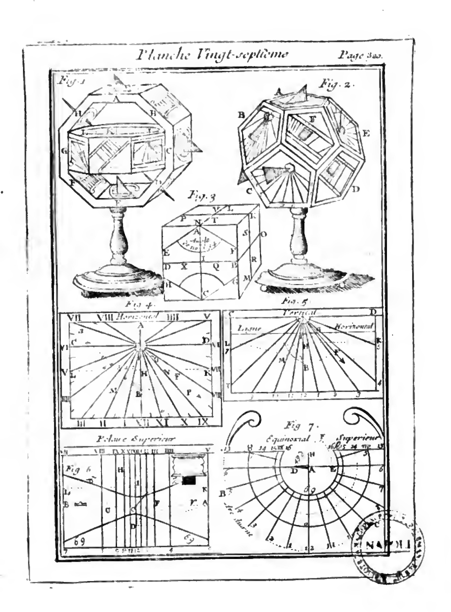
L'axe du Cadran Equinoxial est une verge, qui passant par le Centre, est perpendiculaire au Plan du Cadran & paralléle à l'axe du Monde ; on le fait grand à volonté lorsqu'il ne sert qu'à marquer les Heures, mais on lui donne une longueur déterminée lorsqu'on veut lui faire marquer les signes du Zodiaque ou la longueur des jours, dout nous parlerons ci-après.

Construction des Cadrans Orientaux & Occidentaux.

XXIII Planche. Fig. 1. CEs sortes de Cadrans sont paralléles au Plan du Méridien. L'un est tourné directement à l'Orient, & l'autre à l'Occident.

Cette figure représente un Cadran Méridional Occidental. Les lignes Horaires sont paralléles entre elles & à l'axe du Monde, comme au Cadran Pôlaire, & leur construction est à peu près la même.

Pour tracer ce Cadran tirez premiérement la ligne droite A B, représentant


Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3
Fig. 4.
Fig. 5
Fig 6
Fig 7.
Horizontal
Vertical
Ligne
Horizontal
Polaire Superieur
Equinoxial Superieur

sentant l'Horisontale ; du point A, pris à discretion dans cette ligne, tracez l'arc B C égal au complément de la Latitude, qui est l'élévation de l'Equateur sur l'Horison, c'est-à-dire, à Paris de 41 d. Par le point C, où se termine cet arc, tirez la ligne AC, prolongée autant qu'il est besoin, laquelle sera l'Equinoxiale, c'est-à-dire, la commune section de l'Equateur avec le Plan du Cadran. Par le point D, lieu du Style, que vous aurez pris à volonté sur cette ligne, tirez E D perpendiculaire à l'Equinoxiale, cette ligne E D sera la Soustylaire, & celle de 6 H. Pour avoir les autres Heures prenez sur la Soustylaire un point E à volonté, duquel, comme Centre, vous décrirez un arc de 60 d., que vous diviserez en 4 arcs égaux de 15 d. chacun, à commencer de la Soustylaire. Portez ensuite sur cette circonférence continuée de part & d'autre autant d'arcs de 15 d. qu'il convient, pour diviser en Heures la ligne Equinoxiale, par des lignes ponctuées tirées du point E par les sections de ces arcs. Enfin par les divisions de cette ligne tirez les lignes Horaires convenables, paralléles à la ligne de 6 H. ou perpendiculaires à l'Equinoxiale. Ce Cadran marque les Heures d'après-Midi jusqu'au coucher du Soleil ; & comme à Paris il se couche à 8 H. en Esté, on les marque depuis 1 jusqu'à 8, comme on les voit (*fig.* 1 *Planche* 28.)

La construction de l'Oriental est la même que celle de l'Occidental. On y marque les Heures du matin depuis le lever du Soleil en Esté, c'est-à-dire, depuis 4 H. du matin jusqu'à 11. Midi ne se peut point marquer sur le Plan de ces Cadrans, parce que le Soleil étant dans le Méridien, ses rayons sont paralléles au Plan de ces Cadrans.

Après avoir tracé un Cadran Occidental sur un papier, si on le rend transparent avec un peu d'huile, on verra de l'autre côté le Cadran Oriental tout tracé ; il n'y aura que les Heures à changer, en mettant 11 H. à la place d'une Heure ; 10 H. à la place de 2, & ainsi des autres.

Le Style de ces Cadrans est une verge de fer ou de cuivre égale à E D, qui est aussi la distance depuis 6 H. jusqu'à 3 ou 9 H. Elle se place perpendiculairement au point D, & marque les Heures par l'ombre de sa pointe. On peut aussi, si l'on veut, mettre un Style dont la figure soit un Parallélogramme, comme nous l'avons dit & représenté en parlant du Cadran Pôlaire.

Ces Cadrans se placent sur des murs à plomb, ou sur des Plans perpendiculaires à l'Horison, paralléles au Méridien, & tournés directement l'un à l'Orient, & l'autre à l'Occident, de telle sorte que la ligne Horisontale soit parfaitement de niveau.

Construction des Cadrans Verticaux-déclinans.

On appelle *Cadran Vertical*, celui qui se fait sur un Plan Vertical, c'est-à-dire, perpendiculaire à l'Horison, comme un mur bien à plomb.

Entre les 9 Cadrans réguliers, dont nous venons de parler, il y en a 4 Verticaux qui ne déclinent point, parce qu'ils sont tournés directement vers l'une des quatre parties cardinales du Monde ; l'un au Midi, & son opposé au Septentrion ; l'autre à l'Orient, & son opposé à l'Occident.

Il nous reste à parler ici des Cadrans irréguliers, dont les uns sont Ver-

ticaux-déclinans ; les autres inclinés sans déclinaison ; & les autres enfin déclinans & inclinés.

Les Verticaux-déclinans sont de quatre sortes, car les uns déclinent du Midi vers l'Orient, & leurs opposés déclinent du Septentrion vers l'Occident ; les autres déclinent du Midi vers l'Occident, & leurs opposés du Septentrion vers l'Orient.

Entre les Cadrans irréguliers, les Verticaux-déclinans sont les plus en usage, parce qu'ils se font sur des murs, qui pour l'ordinaire sont bâtis à plomb, ou sur des corps dont les Plans sont perpendiculaires ; mais avant que d'entreprendre à faire ces sortes de Cadrans, il faut commencer par connoître exactement la déclinaison du mur ou des plans, & de quel côté est cette déclinaison ; ce que l'on pourra faire par quelques-unes des méthodes que nous expliquerons ci-après.

Supposé que l'on connoisse qu'un Plan (tel que celui marqué I, de la *fig.* 1. *Planche* 27.) ou un mur vertical décline du Midi à l'Occident de 45 d. à Paris ou aux environs, où le Pôle est élevé de 49 d. sur l'Horison ; il faudra faire le modéle d'un Cadran pour l'appliquer contre ce Plan ou contre ce mur.

Fig. 2. Tirez premiérement les lignes A B, C D, se coupantes à angles droits au point E. La premiére sera la ligne de 12 H. & la seconde sera l'Horisontale. Du point E, comme centre, tracez l'arc F N de 45 d. à cause de pareille déclinaison que nous avons supposée, & comme elle est du Midi à l'Occident, il faut que cet arc soit tracé du côté droit de la ligne du Midi, car il faudroit le faire à gauche si la déclinaison étoit du côté d'Orient. Du point F élevez la perpendiculaire F H, jusqu'à la rencontre de l'Horisontale, pour y avoir un point de la Soustylaire, c'est-à-dire, le pied du Style. Prenez avec un compas la distance E F & la portez sur l'Horisontale de E en O. Du point O, comme centre, tracez l'arc E G égal à la hauteur du Pôle, comme ici de 49 d. ; & par G tirez la ligne ponctuée O G A jusqu'à la rencontre de la ligne de 12 H. pour y avoir le Centre du Cadran en A, par lequel vous tirerez la Soustylaire A H, longue à discrétion, laquelle est une des principales lignes servant à la construction de ces Cadrans, & d'où dépend presque toute leur justesse.

Du point H élevez perpendiculairement sur la Soustylaire, la droite H I, pour Style, égale à H F ; ensuite vous formerez le Style triangulaire A H I, en tirant la ligne A I, qui est l'axe du Cadran. Du point I tirez I K perpendiculaire à l'axe rencontrant la Soustylaire en K, sur laquelle vous marquerez K L égale à K I. Par le point K tirez la ligne Equinoxiale M T, coupant la Soustylaire à angles droits, & l'Horisontale au point de 6 H. Ainsi ayant déja 12 H. & 6 H, tirez les deux lignes ponctuées T L, L 6, lesquelles feront un angle droit au point I., si les opérations antérieures ont été faites exactement. Dudit point L, comme centre, décrivez un Quart-de-cercle entre lesdites lignes ponctuées ; divisez sa circonférence en 6 arcs égaux de 15 d. chacun, par lesquels tirez autant de lignes occultes jusqu'à la rencontre de l'Equinoxiale. Pour avoir les Heures d'avant Midi & celles d'après 6 H. continuez la circonférence du Quart-de-cercle de côté & d'autre, & y transportez autant d'arcs de 15 d. qu'il en faut pour tirer des lignes occultes du point L jusqu'à la rencontre de ladite Equinoxiale. Enfin par ces points de rencontre tirez du centre A les li-

gnes Horaires, comme on les voit (*fig.* 2.) On ne doit tout au plus marquer que 12 H. sur ces sortes de Cadrans; car tout Plan vertical ne peut pas être éclairé du Soleil plus long-tems.

On peut encore avoir les points des lignes Horaires sur l'Horisontale DC, en appliquant au point F le centre du Cadran Horisontal, de sorte que sa ligne Méridienne convienne avec la ligne FE, & sa ligne de 6 H. avec la ligne F 6. Cette ligne F 6 n'a point été tirée pour éviter à confusion : elle doit faire un angle droit avec la ligne FE. Les points des autres Heures se marqueront par leur rencontre sur ladite ligne CD.

Six intervalles d'Heures, ou de Demi-heures, ou de Quarts-d'heure étant marqués de suite & donnés sur la surface d'un Cadran, tel qu'il soit, on peut trouver les autres Heures par la méthode suivante.

Supposons ici les Heures tracées depuis 6 jusqu'à 12. Si vous voulez avoir 9, 10 & 11 H. du matin, qui pourroient être marquées sur ce Cadran; mais dont le peu d'étendue du Plan ne permet pas d'avoir leurs points de rencontre sur la ligne Equinoxiale; du point V pris à discrétion sur la ligne de 12 H. tracez une paralléle à la ligne de 6 H. comme VS, qui coupera les lignes 1, 2 & 3 H. après-Midi. L'intervalle depuis V jusqu'à la ligne d'une Heure, pris sur cette paralléle, & porté de l'autre côté donnera sur ladite paralléle un point de 11 H. De même l'intervalle depuis V jusqu'à la ligne de 2 H. porté de l'autre côté, donnera un point de 10 H. & l'intervalle depuis V jusqu'au point où la ligne de 3 H. coupe cette paralléle, porté de l'autre côté du point V sur cette même paralléle, donnera un point de 9 H. Du centre du Cadran A vous tirerez les lignes Horaires passant par les points marqués sur ladite paralléle.

On peut de la même façon avoir des points de 7 & 8 H. du soir, en tirant une paralléle à la ligne de 12 H. qui coupe en un point celle de 6, & qui rencontre celles de 4 & de 5 prolongées : car l'intervalle de 6 à 5 sur cette paralléle, porté de l'autre côté, y donnera un point de 7 H. & l'intervalle de 6 à 4 y donnera un point de 8 H. par lesquels points & par le centre A, on tirera ces lignes Horaires, & le Cadran sera achevé.

Cette maniére de trouver les Heures un peu éloignées de la Soustylaire est fort commode, en ce qu'elle évite les sections obliques & éloignées qu'il faut faire sur la ligne Equinoxiale; en quoi il faut observer que le point V depuis lequel on transporte sur un côté de cette paralléle les espaces qui sont sur l'autre, doit être pris sur une ligne Horaire, qui soit éloignée de six intervalles d'Heures de la ligne Horaire à laquelle on a fait VS paralléle. Comme dans l'exemple précédent on a commencé à compter ces espaces du point d'interfection V de la ligne de 12 H. avec ladite paralléle, laquelle ligne de 12 H. est éloignée de 6 intervalles d'Heures, de la ligne de 6 H., à laquelle a été faite paralléle la ligne VS.

La construction du Cadran Vertical déclinant du Midi à l'Orient, est semblable à celle que nous venons de décrire, excepté que ce qui a été fait à droit, se doit faire à gauche, & que les Heures du matin se placent au lieu de celles d'après-Midi, qui sont leur complément à 12. Tellement que si l'on avoit tracé un déclinant vers l'Occident sur un papier transparent, on verroit de l'autre côté un déclinant vers l'Orient tout tracé. Il n'y auroit qu'à mettre sur le revers du papier 3 H. après Midi à la place de 9 du

matin ; 2 H. à la place de 10 ; une H. à la place de 11, & ainsi de suite. Par ce moyen la Soustylaire, qui se trouve (*fig.* 2.) entre 3 & 4 H. après-Midi, feroit dans l'autre entre 8 & 9 H. du matin. Si la déclinaison étoit moindre que de 45 d. la Soustylaire feroit plus proche de Midi ; si au contraire la déclinaison étoit plus grande, la Soustylaire en feroit plus éloignée, & s'approcheroit de la ligne de 6 H. Mais quand cela arrive, les Heures sont si serrées aux environs de la Soustylaire, qu'on est obligé de faire le modéle du Cadran sur un Plan bien grand, afin d'allonger beaucoup les lignes Horaires & de retrancher la partie du Cadran qui est vers le Centre.

Les déclinans du Septentrion à l'Orient ou à l'Occident se décrivent de la même façon ; mais ils ont le centre en-bas au-dessous de la ligne Horisontale, & ne sont proprement que les mêmes Cadrans renversés, comme on voit en la figure 3[me] qui représente un déclinant du Septentrion à l'Occident de 45 d. comme pour le Plan marqué L, (*fig.* 1. *Planche* 27.) Sa Soustylaire doit être entre 8 & 9 heures du soir, de sorte qu'un seul déclinant peut servir à en tracer quatre ; s'ils ont la déclinaison égale, quoique de différens côtés, deux auront le centre en-haut, & deux l'auront en-bas.

Par deux points d'ombre observés sur un Plan, y tracer une Soustylaire.

Fig. 2. Servez-vous de l'exemple de la fig. 2, qui représente un Style Y I, courbé & placé obliquement. C'est une verge de fer, dont l'extrémité élevée I doit être pointue pour avoir plus précisément sur le Plan, son point d'incidence H, c'est-à-dire, le pied du Style qui se peut prendre par le moyen d'une Equerre ; car c'est le point auquel répond perpendiculairement sur la surface du Cadran l'extrémité du Style.

Comme cette figure représente un Vertical-déclinant du Midi à l'Occident, sa Soustylaire se doit trouver entre les Heures d'après-Midi à gauche de la Méridienne. Supposé que le premier point d'ombre observé soit P. Du pied du Style H, comme centre, décrivez un arc de cercle P R, qui aura pour rayon la distance H P. Quelques heures après du même jour, lorsque l'ombre de l'extrémité du Style rencontrera une seconde fois ledit arc, marquez-y le second point Q. Divisez en deux également l'arc P Q au point R, & tirez par le pied du Style la droite R H, qui sera la Soustylaire ; laquelle étant tracée exactement & connoissant d'ailleurs la hauteur du Pôle sur l'Horison du pays où l'on veut faire ce Cadran, il sera facile de l'achever ; car premiérement la Méridienne ou ligne de 12 H. est toujours perpendiculaire à l'Horison, aux Plans verticaux, & le point de rencontre de la Méridienne avec la Soustylaire est le Centre du Cadran, comme le point A. La ligne Horisontale est une ligne de niveau, passant par le pied du Style comme D H C. Ensuite pour avoir la ligne Equinoxiale, formez sur la Soustylaire le Style triangulaire A H I, dont l'hypoténuse A I est l'axe, & H I le Style droit. Du point I tirez I K perpendiculaire à l'axe, rencontrant la Soustylaire au point K, par lequel vous tirerez à angles droits sur ladite Soustylaire, la droite M K N, qui sera l'Equinoxiale, & le point, où elle coupera l'Horisontale, sera toujours le point de 6 H. la distance K I portée sur la Soustylaire, donnera le point L, qui

sera le Centre diviseur de l'Equinoxiale ; le reste du Cadran s'achevera comme nous avons expliqué ci-devant. Le modéle s'en pourra faire dans le cabinet, après avoir transporté sur un papier la position & la rencontre des principales lignes, & bien exactement l'angle que fait la Soustylaire avec l'Horisontale ou avec la Méridienne ; car l'un est le complément de l'autre.

Pour vérifier la position de la ligne Equinoxiale, faites au Centre du Cadran sur la Méridienne A B l'angle B A O égal au complément de l'élévation du Pôle, c'est-à-dire, à Paris de 41 d. ; tirez la ligne A O jusqu'à la rencontre de l'Horisontale ; faites l'angle droit A O N, afin d'avoir sur la Méridienne ou ligne de 12 H. le point N, par lequel doit passer la ligne Equinoxiale. Ayant ainsi plusieurs méthodes pour trouver les principaux points, l'une servira à vérifier l'autre.

Lorsque le Plan décline du Midi à l'Orient, on trouvera par le moyen des points d'ombre & du pied du Style que la Soustylaire est à droite de la Méridienne. Il est bon de marquer le premier de ces points d'ombre le matin, aussi-tôt que le Plan commence à être éclairé du Soleil, & de prendre garde quand l'ombre de l'extrémité du Style rencontrera une seconde fois l'arc tracé par le premier point d'ombre.

On peut recommencer quelques jours de suite les mémes opérations, afin de voir si la position de la Soustylaire se trouvera toujours la méme, ce qui arrivera si l'on opére exactement.

Le tems le plus propre pour marquer ces points d'ombre est aux environs des Solstices, c'est-à-dire, 15 jours devant ou après ; car lorsque le Soleil approche des Equinoxes, sa déclinaison est trop sensible & l'opération moins exacte.

On peut cependant avoir la position de la ligne Equinoxiale, lorsque le Soleil est dans les points équinoxiaux, & construire alors un Cadran Vertical-déclinant par la méthode suivante.

Par quelques points d'ombre observés sur Plan vertical, y tracer l'Equinoxiale.

La plus simple & la plus facile méthode pour tracer sur un mur la ligne Equinoxiale est d'attendre au tems des Equinoxes, (quoiqu'on la puisse avoir en-tout tems, mais par des méthodes plus composées.) Car lorsque le Soleil par son mouvement journalier parcourt l'Equateur, tous les points d'ombre de l'extrémité d'un Style se trouvent dans une méme ligne droite, qui est la commune section de l'Equateur & du Plan. Or cette ligne est l'Equinoxiale.

Ayant donc marqué ce jour-là plusieurs points d'ombre sur le mur, assez éloignés les uns des autres, tirez par tous ces points une ligne droite qui sera l'Equinoxiale, comme dans ladite fig. 2, la ligne M N : tirez sur cette ligne une perpendiculaire passant par le pied du Style, & ce sera la Soustylaire A H L ; tirez encore par le pied du Style H, une ligne de niveau, qui sera l'Horisontale, comme D H C ; tirez H I égale à la hauteur du Style droit & paralléle à l'Equinoxiale, & après avoir marqué la ligne ponctuée I K, tirez lui à l'Equerre l'axe I A, alors le point A sera le Centre du Cadran, & la ligne à plomb A B sera la Méridienne ou ligne de 12 H. Fig. 2.

Vous avez aussi un point de 6 H. par l'intersection de l'Equinoxiale & de l'Horisontale, & par conséquent de quoi achever le Cadran ; l'angle H F E sera la déclinaison du Plan.

Par un point d'ombre observé à Midi sur un Plan Vertical, y faire un Cadran.

UN Style étant planté dans un mur, comme H I, (même figure,) dont H est le pied & I la pointe ; si vous connoissez par quelque moyen sûr qu'il est Midi en quelque tems de l'année que ce soit, ce qu'on pourra connoître par une ligne Méridienne tracée sur un Plan Horisontal, comme nous dirons ci-après, marquez-y un point d'ombre, comme seroit, par exemple, le point N ; par ce point tirez la perpendiculaire A N B, qui par conséquent sera la Méridienne du lieu ou ligne de 12 H. tirez par le pied du Style une ligne de niveau qui sera l'Horisontale, comme C H D, coupant à angles droits la Méridienne au point E ; faites H F égale au Style droit H I, & paralléle à la Méridienne ; prenez avec un compas l'hypoténuse E F & la portez sur l'Horisontale de E en O, pour y faire l'angle E O A égal à l'élévation du Pôle, comme ici de 49 d., qui vous donnera sur la Méridienne le point A, Centre du Cadran.

Faites aussi sous l'Horisontale l'angle E O T égal au complément de ladite élévation de Pôle, comme ici de 41 d., alors le point T sur la Méridienne sera un point de la ligne Equinoxiale. Par le Centre du Cadran A & par le pied du Style H tirez la droite A H R, ce sera la Soustylaire ; & faisant passer par le point T une perpendiculaire à cette ligne, vous aurez l'Equinoxiale. Ayant ainsi les principales lignes du Cadran, il sera facile de l'achever par les méthodes expliquées ci-devant.

Cette méthode pour tracer en tous les tems de l'année un Cadran par un seul point d'ombre observé à Midi, peut servir lorsqu'il n'est pas possible d'avoir la Soustylaire par deux points d'ombre, ce qui arrive sur les Plans qui déclinent considérablement vers l'Orient ou vers l'Occident.

Il y a plusieurs autres moyens de construire les Cadrans Verticaux sur des murs bien à plomb. Il seroit trop long de les rapporter ici, parce que nous n'avons prétendu donner que les méthodes les plus simples & les plus faciles à pratiquer. Et pour une plus grande justesse dans leur construction, nous donnerons ci-après des régles pour trouver la valeur des angles que font toutes les lignes Horaires au centre des Cadrans, ce qui servira à vérifier les autres méthodes.

Construction des Cadrans inclinés sans déclinaison.

L'Inclinaison des Cadrans est l'angle que font leurs Plans avec l'Horison. Les uns sont tournés vers le Ciel, & les autres vers la Terre. Il y en a de deux sortes eu égard au Pôle, & de deux sortes eu égard à l'Equateur. Chacun a son supérieur & son inférieur.

XXVII. Planche. Fig. 4. & 5. Si le Plan regarde le Midi & a l'inclinaison vers le Nord, cette inclinaison peut être plus petite ou plus grande que l'élévation du Pôle ; car si l'inclinaison étoit égale, ce seroit un Pôlaire supérieur ou inférieur, dont nous avons ci-devant donné la construction.

Supposons que l'inclinaison soit moindre que l'élévation du Pôle (comme à Paris où cette élévation est à peu près de 49 d.) si vous voulez faire un Cadran sur un Plan qui regarde le Midi, & dont l'inclinaison soit vers le Nord de 30 d., ôtez 30 de 49, il restera 19 d., qui sera la hauteur de l'axe sur ce Plan, & faites-y un Cadran Horisontal régulier pour 19 d. d'élévation de Pôle par la méthode que nous avons donnée (fig. 4. *Planche 27*) parce que ce Plan ainsi incliné est paralléle à l'Horison de ceux qui ont le Pôle élevé de pareille hauteur, & par conséquent, c'est un Cadran Horisontal pour eux. Le centre de ces Cadrans est en-bas au-dessous de l'Equinoxiale, les Heures du matin sont à main gauche, & celles du soir à droite de ceux qui regardent ce Cadran.

Son opposé inférieur vers le Nord ne différe point du supérieur vers le Sud, sinon que le centre est au-dessus de la ligne Equinoxiale, & que les Heures du matin sont à droite, & celles du soir à gauche.

Mais si l'inclinaison est plus grande que l'élévation du Pôle du lieu, par exemple, si elle est de 63 d. otez-en la hauteur du Pôle de Paris, 49, il restera 14 d. & faites un Horisontal pour cette élévation. Le centre du Supérieur vers le Sud est en haut au-dessus de l'Equinoxiale, les Heures du matin sont à gauche, & celles du soir à droite. Son opposé inférieur vers le Nord a le centre en-bas, les Heures du matin à droite & celles du soir à gauche.

Si le Plan regarde le Septentrion & a son inclinaison vers le Sud, elle peut être plus petite ou plus grande que celle de l'Equateur; car si elle étoit égale, on y feroit un Cadran Equinoxial supérieur ou inférieur, qui est un cercle divisé en 24 parties égales, comme nous avons dit ci-devant en parlant des Cadrans réguliers.

Si l'inclinaison est moindre que l'élévation de l'Equateur, comme si à Paris le plan étoit incliné de 30 d. vers le Midi, ajoûtez les 30 d. d'inclinaison à la hauteur du Pôle, 49, & faites un Horisontal pour 79 d. d'élévation; le centre du supérieur vers le Septentrion sera en-haut, les Heures du matin à droite, & celles du soir à gauche. Son opposé inférieur vers le Midi a le centre en bas; les Heures du matin à gauche, & celles du soir à droite.

Enfin si l'inclinaison est plus grande que l'élévation de l'Equateur, comme elle seroit à Paris de 60 d., ajoûtez le complément de l'inclinaison, qui est 30, à l'élévation de l'Equateur, qui est de 41, la somme sera 71 d. Faites un Horisontal pour cette élévation de Pôle. Le supérieur vers le Septentrion a le centre en-bas, & les Heures du matin à droite; son opposé, qui est inférieur vers le Midi, a le centre en-haut, & les heures du matin à gauche.

La Méridienne ou ligne de 12 H. est la Soustylaire de tous les Cadrans inclinés sans déclinaison: elle passe par leur centre & fait angles droits avec la ligne de 6 H. On peut la tracer sur les Plans inclinés par le moyen d'un fil suspendu avec son plomb, à l'aide de la lumiére ou du rayon visuel; car l'ombre ou le rayon passant par le centre, marquera sa trace tout le long du Plan.

Pour représenter toutes ces différentes sortes de Cadrans, il auroit fallu 8 figures; sçavoir 4 pour les supérieurs, & 4 pour les inférieurs; mais comme ils ne sont pas difficiles à concevoir & à tracer, nous n'en avons

avons marqué que deux, par rapport au Dodécaëdre sur lequel on les place.

Construction des Cadrans Déclinans - Inclinés.

LA Déclinaison d'un Cadran est l'angle que fait son Plan avec le premier Vertical : c'est aussi l'angle que fait la verticale d'un Plan avec la Méridienne du lieu : ces deux angles étant égaux, l'Inclinaison est l'angle qu'il fait avec l'Horison. Nous enseignerons ci-après la maniére de trouver l'une & l'autre.

XVIII. Planche. Fig. 2. Supposons que l'on veuille faire un Cadran Déclinant de 36 d. du Midi à l'Orient, & incliné vers la terre de 63 d. 26 m. comme est celui marqué C qui représente un Dodécaëdre.

Avant toutes choses, il faut remarquer 1°. que la ligne Horisontale, qui passe par le pied du Style des Cadrans Verticaux, n'y passe point aux Inclinés, mais qu'elle est au-dessus du pied du Style aux Inclinés supérieurs, qui regardent le Ciel ; & au - dessous, aux inférieurs, qui regardent la Terre, comme est celui que nous avons dessein de construire.

2°. Que la Méridienne ou ligne de 12 H. aux Inclinés-Déclinans ne coupe point à angles droits l'Horisontale, comme elle fait aux Verticaux ; ce qui fait que pour la tracer, il faut deux points, qui par le moyen de l'angle de Déclinaison se trouvent l'un sur la ligne Horisontale, & l'autre sur la ligne Verticale qui coupe l'Horisontale à angles droits.

Ce point de la Verticale se nomme *Zénith* aux supérieurs, parce que si le Soleil étoit au Zénith du lieu, l'ombre de l'extrémité du Style parviendroit à ce point, lequel par conséquent seroit au-dessous du Style de ces Cadrans. On le nomme *Nadir* aux inférieurs, parce que si le Soleil étoit au Nadir, & que la terre fût transparente, l'ombre de l'extrémité du Style toucheroit ce point, lequel par conséquent doit être au-dessus du Style, comme il est au Cadran proposé.

3°. Que le centre de ce Cadran inférieur, qui décline du Midi à l'Orient, doit être en-haut, & la Soustylaire à gauche de la Verticale & de la Méridienne entre les heures du matin, & partant la Méridienne à droite de la Verticale.

Le centre du Cadran inférieur, qui décline du Midi à l'Occident doit aussi être en-haut, mais la Soustylaire est à droite de la Verticale & de la Méridienne entre les Heures d'après-Midi. Les supérieurs opposés ont le centre en-bas, & ne sont que les mêmes Cadrans renversés. C'est pourquoi il suffit d'en tracer un des quatre.

XVIII. Planche. Fig. 6. Ainsi pour tracer le modéle du Cadran proposé, tirez premiérement la ligne A B à plomb, sur laquelle ayant mené à discrétion E F, perpendiculaire pour la longueur du Style droit, dont E sera le pied & F l'extrémité ; du point F, comme centre, décrivez l'angle d'Inclinaison G F H de 63 d. 26 m. au-dessus de la ligne E F ; & au-dessous, l'arc de complément G I de 26 d. 34 m. Tirez ensuite la droite F H A jusqu'à la rencontre de la ligne A B au point A, qui sera le Nadir & un point de la Méridienne. Tirez aussi la ligne F I, coupant la ligne A B au point L, par lequel vous menerez l'Horisontale M L d'équerre, c'est-à-dire, perpendiculaire avec A B ; prenez avec un compas la distance L F, & la portez de L en O, qui sera le centre diviseur de l'Horisontale. Du point O, comme

comme centre, faites à droite de la ligne A B, l'arc L P de 36 d., qui est la déclinaison du plan, pour avoir sur l'Horisontale un point de 12 H. par lequel & par le Nadir A vous tirerez la Méridienne A 12. Faites à gauche de la ligne A B un angle du complément de la Déclinaison, lequel sera ici de 54 d. & vous donnera sur l'Horisontale le point de 6 H. & un point de la ligne Equinoxiale. Pour achever ce Cadran, il ne faut plus qu'un point de la Soustylaire, en ayant déja un qui est le pied du Style E.

Pour cet effet il n'y a qu'à chercher le centre du Cadran en la maniére qui suit. Du point de 6 H. M, tirez la ligne M R, coupant à angles droits la Méridienne. Cette ligne M R passe par le pied du Style, car elle est la commune section que fait avec le Plan du Cadran le Vertical perpendiculaire au Méridien. Portez la distance O 12, de 12 en R, ou bien la distance A F de A en R. Tirez la ligne occulte 12 R, sur laquelle du point R, comme centre, décrivez l'arc N K de 49 d. pour pareille élévation de Pôle, tirez la ligne R K, qui coupera la Méridienne au point K, qui sera le centre du Cadran. Tirez la Soustylaire K E, & du point M une perpendiculaire sur ladite ligne pour avoir l'Equinoxiale M Q. On peut encore avoir sur la Méridienne un point de l'Equinoxiale, en faisant l'angle N R Q de 41 d. c'est-à-dire, du complément de l'élévation du Pôle.

Ayant trouvé la position des principales lignes, il sera facile d'y marquer les divisions des Heures, & ce en deux maniéres; sçavoir, sur la ligne Horisontale & sur l'Equinoxiale. 1°. Pour les marquer sur l'Horisontale, appliquez au point O le centre d'un Cadran Horisontal, en sorte que la ligne de Midi convienne avec la ligne O 12, & celle de 6 H. avec la ligne O 6, & marquez les points des autres Heures sur la ligne Horisontale M L.

2°. Pour marquer les mêmes Heures sur la ligne Equinoxiale, il faut former le Style triangulaire, en élévant sur la Soustylaire la perpendiculaire E S égale à E F, tirant l'axe S K. Prenez ensuite la distance T S & la portez sur la Soustylaire de T en V, qui sera le centre diviseur de la ligne Equinoxiale, laquelle étant divisée de la même maniére que nous avons dit en parlant des Déclinans, vous tirerez les lignes Horaires du centre K, & le Cadran sera achevé.

On pourra ensuite le mettre au net, en n'y mettant que les principales lignes & celles des Heures avec le Style, comme on le peut voir en la figure 7me pentagonale.

Par le moyen de ce Cadran on peut faire les trois autres qui ont même Déclinaison & Inclinaison. Les deux inférieures qui déclinent du Midi à l'Orient & à l'Occident, ont le centre en haut; les deux supérieures qui déclinent du Septentrion à l'Orient & à l'Occident, ont le centre en bas, & ne sont que les mêmes Cadrans renversés, comme nous l'avons déja dit.

Le Cadran de la figure 8 représente celui marqué F de la fig. 2. Planche 27. C'est un supérieur Incliné vers le Ciel de 63 d. 26 m. déclinant Fig. 8. du Midi à l'Orient de 72 d. On pourra le tracer suivant la méthode que nous venons d'expliquer. Son centre se trouve en bas; mais parce que sa déclinaison est grande, ses Heures sont fort serrées aux environs de la Soustylaire; c'est pourquoi on le doit tracer sur un grand Plan, afin d'en re-

trancher la partie qui est vers le centre, & de terminer son Style & ses signes Horaires par deux paralléles.

Il y a un autre moyen de tracer mécaniquement sur un Polyédre ou corps à plusieurs faces, toutes sortes de Cadrans réguliers ou irréguliers, Déclinans & Inclinés, & même sans connoître leur Déclinaison ni Inclinaison. On y réussit aussi-bien que par toutes les différentes méthodes que fournit la Gnomonique. Pour cet effet, commencez par tracer exactement sur une des faces qui est paralléle à l'Horison, un Cadran Horisontal avec son Style élevé perpendiculairement sur la ligne de 12 H. conformément à l'élévation du Pôle du lieu. Il faut ensuite connoître le lieu & la situation des Soustylaires sur chacune des faces qui peut être éclairée du Soleil, pour y placer fixément & perpendiculairement un Style ou axe de cuivre ou de quelque autre matiére solide, proportionné à la grandeur desdites faces; en sorte que les axes de tous ces Styles soient bien paralléles à celui de l'Horisontal, vous servant pour cet effet d'une lime pour ôter ce qui excédera, ce que vous connoîtrez en les bornayant tous les uns après les autres avec l'axe d'un grand Style paralléle à celui de l'Horisontal placé de niveau, ou bien le tenant à la main, de maniére que sa base soit paralléle à l'Horison; ce que vous pourrez faire par le moyen d'un perpendicule & de son plomb attaché au haut dudit Style, faisant ensorte que tous ces axes tendent au Pôle du Monde.

Le tout étant ainsi préparé, exposez ce corps aux rayons du Soleil; tournez-le de maniére que l'axe du Cadran Horisontal marque par son ombre toutes les Heures les unes après les autres; & à mesure qu'il marquera chaque heure, tracez sur les faces la même ligne d'heure suivant l'ombre de leurs axes; continuez ces lignes Horaires jusqu'au centre des Cadrans qui ont un centre, soit en haut, soit en bas; & à ceux qui n'ont point de centre, terminez les lignes Horaires par deux paralléles, comme on les voit sur les Cadrans du Dodécaëdre. Marquez-y les Heures convenables du soir & du matin, selon que ces Cadrans seront exposés à l'Orient ou à l'Occident, au Midi ou au Septentrion.

On peut faire la même chose de nuit à la lumiére d'un flambeau que l'on fera tourner autour du Polyédre.

On place quelquefois dans les jardins de grands corps de pierre taillés à plusieurs faces, sur lesquelles faces on trace autant de Cadrans par la méthode que nous venons d'indiquer.

Il y a quelques-uns de ces Cadrans, où les angles de pierre que l'on nomme en termes de l'art *vives arrêtes*, servent d'axes, & doivent être taillées, de maniére qu'elles tendent toutes au Pôle & soient paralléles à l'axe du Monde.

Construction de Cadrans par le calcul des angles.

CEtte méthode est d'un grand secours pour vérifier toutes les opérations de la Gnomonique, où l'on a besoin de beaucoup d'exactitude, principalement quand on est obligé de faire un petit modéle pour tracer un grand Cadran; car une erreur presque insensible dans le modéle devient très-considérable dans les longues lignes qu'il faut tracer sur un Plan de grande étendue.

En la construction des Cadrans réguliers, comme de l'Horisontal, on a dû voir que les divisions de la ligne Equinoxiale L K sont les tangentes des angles du Quart-de-cercle M H, & les lignes ponctuées en sont les sécantes. C'est pourquoi on les peut marquer avec une échelle de parties égales ou avec un Compas de proportion. En supposant par exemple que le rayon H B soit de cent parties, la distance H I (tangente de 15 d.) sera de 27 des mêmes parties; H 2 (tangente de 30 d.) sera de 58; H 3, (tangente de 45 d. égale au rayon) sera de 100; H 4 (tangente de 60 d.) sera de 173; & H 5, (tangente de 75 d.) sera de 373. Les divisions de l'autre moitié de cette ligne pour les Heures avant Midi sont semblables. XXII. Planche. Fig. 4.

On peut de même trouver sur cette ligne les points des Demi-heures & des Quarts, en prenant les tangentes des arcs convenables, qu'il sera facile de trouver dans les Tables ci-dessus pag. 266 & 267; à quoi l'on peut ajoûter quelque abregé tiré de la valeur des sécantes; comme la ligne B 4, sécante de 60 d. étant double du rayon, si vous portez le double de B H, de B en 4, vous aurez le point de 4 H. sur la ligne Equinoxiale. Cette même Sécante portée de 4 en L, donnera le point de 5; & si vous en faites autant de l'autre côté, vous aurez le point d'onze Heures.

A l'égard des Demi-heures, on peut les trouver par le moyen des Sécantes des Heures, qui sont en nombre impair; par exemple, la sécante B 3, portée sur la ligne Equinoxiale au point 3, donnera d'un côté 4 H. & demie, & de l'autre 10 H. & demie. La sécante B 9, donne 7 H. & demie & une H. & demie. B 11, donne 8 H. & demie, & 2 H. & demie. B 1, donne 3 H. & demie & 9 H. & demie. B 7, donne 6 H. & demie & 12 H. & demie. Enfin B 5, donne 11 H. & demie & 5 H. & demie.

La division de cette ligne sert à faire exactement les Cadrans Horisontaux verticaux, & principalement les Cadrans réguliers sans centre, comme sont les Polaires, les Orientaux & Occidentaux. Car pour les Equinoxiaux, on ne peut rien ajoûter à la facilité de les construire, puisque les angles horaires au centre de ces Cadrans, sont tous égaux.

A l'égard des Horisontaux, on peut trouver par le calcul de la Trigonométrie les angles que font au centre du Cadran les lignes Horaires avec la Méridienne par cette analogie : Comme le sinus total est au sinus de l'élévation du Pôle, ainsi la tangente de la distance Horaire est à la tangente de l'arc Horaire.

Par *distance Horaire*, on doit entendre l'angle de quelque ligne Horaire avec la Méridienne au centre d'un Cadran Equinoxial, tels que sont 15 d. pour une H. & 11 H. 30 d. pour 2 & 10 H., & ainsi des autres, augmentant 15 d. pour chaque Heure, & 7 d. 30 m. pour chaque Demie.

Si donc on propose de trouver l'angle Horaire de 1 H. du soir ou 11 H. du matin au centre d'un Cadran Horisontal pour 49 d. de Latitude ou élévation de Pôle, il faut faire une régle de trois, dont le premier terme soit le sinus total 100000, le second soit le sinus de 49 d. qui est 75471, & le troisiéme terme, la tangente de 15 d., qui est 26795. La régle étant faite, on trouvera pour quatriéme terme 20222, lequel étant cherché dans les Tables des sinus, sous la colonne des tangentes, répond

à 11 d. 26 m. C'eſt pourquoi l'angle propoſé avec la Méridienne eſt de 11 d. 26 m.

On trouvera par ce moyen les angles que font avec la Méridienne toutes les autres Heures & Demi-heures au centre du Cadran Horiſontal par autant de régles de trois, dont les premiers termes ſeront toujours les mêmes ; ſçavoir le ſinus total & le ſinus de l'élévation du Pôle. C'eſt pourquoi il n'y aura que le troiſiéme terme à chercher dans les Tables, ſçavoir la tangente de la diſtance Horaire.

On pourra, ſi l'on veut, prendre leurs logarithmes, afin d'éviter la peine de multiplier & diviſer ſuivant la Table page 267.

Cette même régle peut ſervir auſſi pour les Verticaux, qui ne déclinent point en prenant pour ſecond terme le ſinus de complément de l'élévation du Pôle, c'eſt-à-dire, le ſinus de 41 d. qui eſt le complément de celle de Paris, puiſque tout Cadran vertical peut être conſidéré comme un Horiſontal pour un pays où le Pôle ſeroit élevé d'autant de dégrés ſur l'Horiſon.

C'eſt encore la même régle pour les Cadrans inclinés ſans déclinaiſon, en prenant pour ſecond terme de la régle de trois, le ſinus de l'angle que fait l'axe avec la Méridienne au centre du Cadran, comme au Cadran marqué B ſur le Dodécaëdre de la planche 27. Nous avons dit ci-devant qu'étant incliné à l'Horiſon de 63 d. 26 m., il en faut ſouſtraire l'élévation du Pôle du lieu que nous avons ſuppoſée de 49 d.; & par conſéquent il doit être fait comme un Horiſontal pour un pays où le Pôle ſeroit élevé de 14 d. 26 m. Si donc vous voulez calculer les angles Horaires, prenez pour ſecond terme de la Régle de trois, le ſinus de 14 d. 26 min.

Table des arcs Horaires avec la Méridienne au centre d'un Cadran Horiſontal.

Latitude	I & XI *heur.*	II & X h.	III & IX	IV & VIII	V & VII.
41 dég.	9 d. 58 *min.*	20 45	33 16	48 39	67 47
49	11 26	23 33	37 3.	52 35	70 27

A l'égard de la ligne de 6 H. elle fait toujours angle droit avec la Méridienne au centre des Horiſontaux & des Verticaux ſans déclinaiſon.

Tracer par le calcul de la Trigonométrie les principales lignes d'un Cadran Vertical déclinant.

CE calcul ſe fait par le moyen des cinq régles que nous allons expliquer.

I. REGLE.

Connoiſſant la Déclinaiſon du Plan, trouver l'angle de la Souſtylaire avec la Méridienne.

Comme le ſinus total eſt au ſinus de la Déclinaiſon du Plan, ainſi la tangente du complément de la Latitude eſt à la tangente de l'angle de la Souſtylaire avec la Méridienne au centre des Verticaux déclinans.

L'angle de la Souſtylaire avec l'Horiſontale eſt le complément de celui que fait au centre du Cadran la Méridienne avec la Souſtylaire.

L'angle de l'Equinoxiale avec l'Horiſontale eſt égal à celui de la Souſtylaire avec la Méridienne. L'angle de l'Equinoxiale avec la Méridienne eſt ſon complément.

II. REGLE.

Trouver l'angle de l'axe avec la Souſtylaire, que l'on peut auſſi nommer l'élévation particuliére du Pôle ſur le Plan du Vertical.

Comme le ſinus total eſt au ſinus du complément de la hauteur du Pôle ſur l'Horiſon, ainſi le ſinus du complément de la déclinaiſon du Plan, eſt au ſinus de l'angle requis. L'angle de l'axe avec le Style droit eſt le complément dudit angle.

L'angle du rayon de l'Equateur avec le Style droit eſt égal à l'angle de l'axe avec la Souſtylaire. L'angle du rayon de l'Equateur avec la Souſtylaire en eſt le complément.

III. REGLE.

Trouver les dégrés de l'arc de l'Equateur entre la Souſtylaire & la Méridienne dans les Verticaux déclinans; ce qui ſe nomme auſſi la différence entre le Méridien du lieu & le Méridien particulier du Plan, car la Souſtylaire eſt la Méridienne du Plan.

Comme le ſius total eſt au ſinus de la hauteur du Pôle ſur l'Horiſon, ainſi la tangente du complément de la Déclinaiſon du Plan eſt à la tangente du complément de la différence des Méridiens.

IV. REGLE.

Trouver l'angle de la ligne de 6 H. avec l'Horiſontale & enſuite avec la Méridienne au centre.

Comme le ſinus total eſt au ſinus de la Déclinaiſon du Plan, ainſi la tangente de la hauteur du Pôle ſur l'Horiſon eſt à la tangente de l'angle que fait la ligne de 6 H. avec l'Horiſontale.

Le complément de cet angle eſt celui de la ligne de 6 H. avec la Méridienne au centre des Verticaux déclinans.

V. REGLE.

Trouver les angles de toutes les Heures avec la Souſtylaire & enſuite avec la Méridienne au centre des Verticaux déclinans.

Cette propoſition eſt fondée ſur ce principe de Gnomonique, que tout Plan peut être conſidéré comme parallele à un Horiſon ſur lequel le Pôle ſeroit élévé de même façon. Ainſi les Cadrans qui s'y font, ſe peuvent faire, comme les Horiſontaux, de même élévation, pourvû toutefois qu'on y obſerve les diſtances Horaires convenables de part & d'autre depuis la Souſtylaire.

Mais il faut connoître d'abord l'angle de la Souſtylaire avec la Méri-

dienne par la premiére propofition, 2°. l'élévation particuliére du Pôle fur le Plan propofé par la feconde ; 3°. les dégrés de l'arc de l'Equateur entre la Souftylaire & la Méridienne par la troifiéme avec la différence ou les dégrés des deux premiéres diftances depuis le Style, dont l'une eft entre la Souftylaire & la Méridienne, & l'autre entre la Souftylaire & la ligne de 6 H.

REGLE GENERALE.

Comme le finus total eft au finus de l'élévation particuliére du Pôle fur le plan déclinant, ainfi la tangente de la diftance Horaire, convenable depuis la Souftylaire, (foit la premiére, foit les fuivantes avec elle,) eft à la tangente de l'angle de l'Heure propofée avec la Souftylaire au centre des Verticaux déclinans.

Si la Souftylaire fe rencontre juftement fur une Demi-heure ou fur quelque heure complette, les deux premiéres diftances Horaires feront égales chacune de 7 d. 30 m. ou de 15 d. & en ce cas les angles trouvés pour un côté, feront les mémes refpectivement pour l'autre, comme fi c'étoit un Cadran régulier, & comme fi la Souftylaire étoit la Méridienne.

Application des régles précédentes pour un Vertical déclinant.

XXVIII Planche. Fig. 2. NOus fuppofons que ce Vertical eft de 45 d. du Midi à l'Occident, & de 49 d. de Latitude. Par la premiére régle on trouvera que l'angle de la Souftylaire avec la Méridienne au centre du Cadran eft de 31 d. 35 m.

Par la feconde régle, on trouvera que l'angle de l'axe avec la Souftylaire eft de 27 d. 38 m.

Par la troifiéme, que l'arc de l'Equateur entre la Souftylaire & la Méridienne eft de 52 d. 58 m. & par conféquent que la Souftylaire eft entre 3 & 4 Heures.

Par la quatriéme, que l'angle de la ligne de 6 H. avec la Méridienne eft de 50 d. 52 m.

Ayant trouvé que l'arc de l'Equateur entre la Souftylaire & la Méridienne eft de 52 d. 58 m. ôtez-en 45 d. qui eft l'arc de l'Equateur, qui convient à 3 H. il reftera 7 d. 58 m. pour la diftance Horaire entre ladite Souftylaire & la ligne de 3 H. & par conféquent 7 d. 2 m. entre la Souftylaire & celle de 4 Heures.

C'eft pourquì pour trouver les angles que font au centre du Cadran les lignes des Heures avec la Souftylaire, il faut commencer par une de ces diftances, en difant, par exemple : Comme le finus total 100000 eft au finus de l'élévation particuliére du Pôle fur le Plan déclinant, qui eft en cet exemple de 27 d. 38 m. (dont le finus eft 46381); ainfi la tangente de 7 d. 2 m. (qui eft 12337) eft à un 4me nombre, qui fe trouvera 5722, tangente de 3 d. 16 m. & par conféquent l'angle de la Souftylaire avec la ligne de 4 H. eft de 3 d. 16 m.

Pour avoir l'angle de 5 H. il faut ajoûter 15 d. à la diftance Horaire de 4 h. & chercher la tangente de 2 d. 2 m., & ainfi de fuite.

Ce qui étant fait, l'angle de la Souſtylaire avec la ligne de 5 Heures ſera de . . . . 10 d. 38 m.

Avec la ligne de 6 H. de . . .	19	17
Avec la ligne de 7 H. de . . .	30	44
Avec la ligne de 8 H. du ſoir, de . .	47	35

Mais ſi l'on veut avoir les angles de ces mêmes Heures avec la Méridienne, il faut y ajoûter 31 d. 35 m. & par conſéquent l'angle de la ligne de 4 H. avec la Méridienne, ſera de . . 34 d. 51 m.

De celle de 5 H.	42	13
De celle de 6 H.	50	52
De celle de 7 H.	62	19
De celle de 8 H.	79	10

Ayant fait un pareil calcul pour les Heures qui ſont de l'autre côté de la Souſtylaire, on trouvera que l'angle de cette Souſtylaire avec la ligne de 3 H. ſera de . . . . . . 3 d. 45 m.

Avec la ligne de 2 H.	11	7
Avec la ligne d'une Heure . . .	19	54
Avec la ligne de 12 H.	31	35
Avec la ligne de 11 H.	48	54
Avec la ligne de 10 H.	75	7
Avec celle de 9 H.	106	48

De ces derniers angles ſi l'on ſouſtrait 31 d. 35 m. trouvés entre la Souſtylaire & la Méridienne, on connoîtra que l'angle de la ligne de 9 H. avec la Méridienne eſt de . . . . 75 d. 13 m.

Celui de la ligne de 10 H. . .	43	52
Celui de la ligne de 11 H. . .	17	19

Et ainſi des autres.

Lorſque la Déclinaiſon du Plan eſt fort grande, on ne peut commodément y marquer le centre, parce que les lignes Horaires y ſont trop ſerrées; mais en ce cas on a coutume de les tracer entre deux lignes Horiſontales, & les angles des lignes Horaires au-deſſus des Horiſontales ſont les complémens de ceux qu'elles feroient avec la Méridienne au centre du Cadran Vertical.

Méthode pour connoître la Déclinaiſon d'un mur Vertical par le calcul de la Trigonométrie & par quelques points d'ombre obſervés.

COmme la juſteſſe des Cadrans Verticaux dépend principalement de la connoiſſance qu'il faut avoir de la ſituation des murs ſur leſquels on veut les conſtruire à l'égard du Ciel, c'eſt-à-dire, de leur Déclinaiſon, il eſt à propos de chercher à la connoître avec toute l'exactitude poſſible; ce que nous allons faire avant de finir ce chapitre.

PRÉPARATIONS.

Il faut premiérement planter obliquement dans le mur en Y une verge de fer, dont l'extrémité, qui eſt en l'air, ſoit pointue & aſſez éloignée dudit mur, comme eſt la verge courbée Y I, dont la pointe ou extrémité pointue eſt I.

Secondement, il faut marquer le pied H du Style, qui eſt un point de la ſurface du Cadran, où elle eſt rencontrée par la perpendiculaire, menée de l'extrémité I du Style, & tracer la verticale H F, qui paſſe par ce pied, & qui repréſente le Vertical perpendiculaire au Plan du Cadran; il faut auſſi tracer la ligne Horiſontale D C, qui coupe à angles droits cette verticale au pied H du Style.

Vous meſurerez enſuite exactement la longueur du Style droit H I ou H F ſon égale, c'eſt-à-dire, la diſtance du pied du Style à ſa pointe, qui eſt en l'air, avec une échelle de parties égales mais fort petites, comme des lignes de pied de Roi.

Ayant marqué ſur le mur pluſieurs points d'ombre en un beau jour, comme les points 2, 3, 4, on meſurera avec la même échelle la diſtance de chaque point d'ombre à la ligne Horiſontale, comme ici la diſtance du point d'ombre 2, au point Z ſur l'Horiſontale; & de même la diſtance du même point 2 à la verticale X H, qui paſſe par le pied du Style, comme ici du point 2 au point X, c'eſt-à-dire, on meſurera l'intervalle Z H depuis le pied du Style juſqu'au point où la verticale menée par le point d'ombre obſervé, rencontre l'Horiſontale, comme ici au point Z; on écrit les nombres qui expriment ces diſtances avec ordre ſur un mémoire, pour en faire les analogies ſuivantes.

Pour marquer ces points d'ombre avec préciſion & juſteſſe, ou ſe ſervira de la méthode ſuivante, que nous tenons de M[r] de la Hire. On attache vers la pointe du Style une petite platine de fer-blanc, ou de quelque autre métail très-mince: Cette platine eſt percée d'un très-petit trou, en ſorte que le centre de ce petit trou convienne exactement à la pointe du Style, & que la platine ſoit expoſée directement au Soleil; on verra ſur la ſurface du Cadran un petit ovale de lumiére qui paroîtra dans l'ombre de la Platine. Cette obſervation ſe fait en traçant promptement un trait léger autour de cet ovale de lumiére, qui change continuellement de place; le centre de cet ovale ſe peut prendre pour la véritable ombre de la pointe du Style.

Ayant ainſi marqué pluſieurs points d'ombre, il faut trouver par le calcul l'amplitude & la hauteur du Soleil qui conviennent à chacun, & les cotter ſur le mémoire.

On appelle ici *amplitude* l'angle que la Hauteur du Style fait avec la ligne tirée de chaque point d'ombre à la ligne Horiſontale; chacune de ces lignes repréſente ſur le mur le vertical du Soleil au tems de l'obſervation; cette amplitude eſt marquée dans ladite figure par l'angle H F Z, & c'eſt l'amplitude qui convient au point 2.

Pour avoir cet angle, on dira: Comme la hauteur du Style eſt à la diſtance du point d'ombre à la ligne verticale du Cadran; ainſi le rayon eſt à la tangente. On fera cette analogie pour chaque point d'ombre, & l'on aura les amplitudes dont on ſera une colonne.

Enſuite pour trouver la Hauteur du Soleil ſur l'Horiſon, il faut prendre le complément de l'amplitude & la diſtance de chaque point d'ombre à la ligne Horiſontale, & dire: Comme la hauteur du Style eſt au ſinus du complément de l'amplitude; ainſi la diſtance du point d'ombre à la ligne Horiſontale, eſt à la tangente de la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon.

Ayant

Ayant trouvé l'élévation du Soleil pour chaque point d'ombre, on en fera une colonne.

Si le point d'ombre observé se rencontre sur la verticale, qui passe par le pied du Style, il n'y aura point d'amplitude, & l'on aura par une seule régle la hauteur du Soleil, en disant : Comme la hauteur du Style est à la distance du point d'ombre au pied du Style ; ainsi le rayon est à la tangente de la hauteur du Soleil.

Après quoi il faut trouver la distance de chaque vertical ou azimuth observé au Méridien ; & pour y parvenir il faut avoir la Déclinaison du Soleil pour le tems auquel on a pris les points d'ombre : si c'est pendant les Solstices, la même déclinaison servira pour tous les points d'ombre observés dans un même jour ; mais dans le tems des Equinoxes, il faut avoir la Déclinaison du Soleil pour l'Heure, où l'on a observé chaque point d'ombre en prenant les parties proportionnelles, comme il est expliqué dans le Livre de la *Connoissance des Tems*.

Ayant la déclinaison du Soleil, on en prendra le complément, s'il est dans les signes Septentrionaux, ou bien l'on ajoûtera sa déclinaison à 90 d. s'il est dans les Méridionaux ; & l'on prendra cette somme, comme aussi le complément de la hauteur du Pôle, & le complément de la hauteur du Soleil.

On ajoûte ensemble ces trois choses, du produit desquelles on prend la moitié ; de cette moitié on ôte le complément de la hauteur du Soleil, pour avoir la premiére différence ; on ôte encore de cette même moitié le complément de l'élévation du Pôle, pour avoir une seconde différence, & l'on en forme les deux analogies suivantes : Comme le sinus de complément de l'élévation du Pôle est au sinus de la premiére différence ; ainsi le sinus de la deuxiéme différence est à un quatriéme sinus. Comme le sinus de complément de la hauteur du Soleil est au sinus total, ainsi le quatriéme sinus trouvé ci-devant, est à un autre sinus, qu'il faut multiplier par le sinus total, & du produit prendre la racine quarrée, laquelle sera le sinus de la moitié de la distance du point d'ombre observé, ou de son vertical à la Méridienne ou ligne de 12 Heures.

Ayant donc cherché ce sinus dans les Tables, & ayant trouvé les dégrés & minutes ausquels il répond, il faut doubler ces dégrés & minutes pour avoir la distance au Méridien.

Enfin pour avoir la déclinaison du mur, qui est ici marquée par l'angle HFE, il y a cinq cas que nous allons expliquer par la susdite figure, qui représente un vertical déclinant du Midi à l'Occident.

1°. Si le point d'ombre est entre le vertical du Cadran, qui passe par le pied du Style & la ligne de 12 H. comme est ici le point 2, que nous supposons avoir été observé quelque tems après Midi, il faut ajoûter l'amplitude à la distance du vertical au Méridien.

2°. Si le point d'ombre est au-delà du vertical qui passe par le pied du Style, comme est ici le point 3, il faut soustraire l'amplitude de la distance au Méridien pour avoir la déclinaison.

3°. Si le point d'ombre observé se trouve précisément sur le vertical, qui passe par le pied du Style, il n'y a point d'amplitude, & sa distance au Méridien sera la déclinaison du mur.

4°. Si le point d'ombre est au-delà du Méridien, comme est ici le point 4,

que nous ſuppoſons avoir été obſervé avant Midi, l'amplitude ſera plus grande que la déclinaiſon, & pour l'avoir il faudroit ſouſtraire la diſtance au Méridien de l'amplitude.

En cinquiéme & dernier lieu, ſi le point d'ombre étoit obſervé préciſément à l'Heure de Midi, la déclinaiſon du mur ſeroit égale à l'amplitude; & comme nous ſuppoſons que l'on connoit la déclinaiſon du Soleil & la hauteur du Pôle du lieu, il ſera facile de connoître ſi la hauteur du Soleil obſervée eſt la plus grande du jour, c'eſt-à-dire, ſi elle eſt la hauteur Méridienne.

Ce que nous venons de dire peut s'appliquer ſans peine à toute ſorte de déclinaiſon, ſoit vers l'Orient, ſoit vers l'Occident, en obſervant que la ligne de minuit tient lieu de celle de Midi pour les murs qui déclinent du Septentrion à l'Orient ou à l'Occident.

Un exemple éclaircira ce que nous venons de dire : Suppoſons pour cet effet que dans un lieu où le Pôle Septentrional eſt élevé de 48 d. 50 m. nous ayons obſervé un point d'ombre ſur un mur bien vertical aux environs du Solſtice d'Eſté, ſoit la hauteur du Style de 300 parties égales; & la diſtance du point d'ombre au vertical, qui paſſe par le pied du Style, de 200 des mémes parties.

Opération par les Logarithmes.

Logarithme de 100	20000000
Logarithme ſinus total	100000000
Somme	120000000
Logarithme de 300	24771212
Reſte	95228788

Ce nombre reſtant eſt Logarithme (tangente de 18 d. 26 m. pour l'amplitude du point obſervé, & ſon complément 71 d. 34 m.

Enſuite pour trouver la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon, il faut ſuppoſer la diſtance du point d'ombre obſervé à la ligne horiſontale, de 600 des mémes parties.

Logarithme ſinus de 71 d. 34 m.	99771253
Logarithme de 600	27781512
Somme	127552765
Logarithme de 300	24771212
Reſte	102781553

Ce nombre reſtant eſt logarithme (tangente de 62 d. 13 m.) pour la hauteur du Soleil.

Suppoſant donc la hauteur du Pôle .	48 d.	50 m.
La déclinaiſon Septentrionale du Soleil	23	15
La hauteur du Soleil obſervée. . . .	62	13

Opération pour trouver la distance au Méridien.

Complément de l'élévation du Pôle . .	41 d.	10 m.
Complément de la déclinaison du Soleil .	66	45
Complément de la hauteur du Soleil . .	27	47
Somme	135	42
Moitié de ladite somme	67	51
Ostant le complément de l'élévation du Pôle	41	10
Première différence . .	26	41
Ostant encore de	67 d.	51
Le complément de la hauteur du Soleil . .	27	47
Seconde différence. . . .	40	4

PREMIE'RE ANALOGIE.

Log. sinus de la première différence	26 d. 41 m.	96523035
Log. sinus de la seconde différence	40 4	98086690
Somme		194609725
Oster le logarithme sinus de . .	41 d. 10 m.	98183919
Quatriéme sinus restant		96425806

SECONDE ANALOGIE.

Logarithme sinus total		100000000
Quatriéme sinus		96425806
Somme		196425806
Oster le logarithme sinus de . .	27 d. 47 m.	96685064
Sinus restant		99740742
A multiplier par le sinus total		100000000
		199740742
Moitié dudit nombre pour racine quarrée . . .		99870371

Ce dernier nombre répond au sinus logarithme de 76 d. 4 m. lequel étant doublé fait 152 d. 8 m. mais parce que cet angle est obtus il faut le soustraire de 180, le reste 27 d. 52 m. est la distance du vertical observé au Méridien ; & comme le point d'ombre 2, pour lequel a été fait ce calcul, est entre le vertical qui passe par le pied du Style & la ligne de 12 H. il faut ajoûter la susdite distance à l'amplitude calculée 18 d. 26 m. pour avoir la déclinaison 46 d. 18 m.

Par un seul point d'ombre observé bien exactement, on peut trouver la déclinaison d'un mur ; mais il est mieux d'en observer plusieurs soit en un même jour, soit en différens tems, afin qu'ayant calculé autant de fois la déclinaison, qu'il y a de points d'ombre observés, on puisse prendre la

partie proportionnelle des différences, qui ne doivent pas néanmoins être considérables quand on fait les opérations exactes. Ainsi quand on a marqué, par exemple, six points d'ombre, on prend la sixiéme partie de la somme des six différentes déclinaisons qui ont été trouvées, pour en conclure la véritable déclinaison du mur.

Méthode de Mr de la Hire.

XXVIII Planche. Fig. 9. LA méthode proposée par cet Académicien est universelle pour faire les Cadrans Solaires de toute sorte de surface sans s'embarasser d'en connoitre la Déclinaison, l'Inclinaison, ni la hauteur du Pôle. Soit le Style A S posé sur un Plan, dont le point S soit en l'air; & soit P le point d'incidence. On suppose ici que le Plan est vertical, & par conséquent paralléle à une ligne qui tomberoit à plomb du bout du Style S.

Ayant marqué sur ce Plan deux points d'ombre D & E, les plus éloignés l'un de l'autre qu'il sera possible & si vous souhaitez, en différens jours, vous tracerez par la méthode suivante deux lignes courbes F G, I H; la ligne R T, qui touchera ces courbes, sera la ligne Equinoxiale; la ligne P V, qui venant du point P, est perpendiculaire à R T, sera la Soustylaire ou la Méridienne du Plan. Cela fait, il sera facile d'achever le Cadran par les régles générales précédentes, & par le centre diviseur de la ligne Equinoxiale.

On sçait que la ligne tirée perpendiculairement au rayon de l'Equinoxiale par le sommet du Style droit élevé sur la Soustylaire, donne le centre du Cadran au point de son intersection avec la Soustylaire, & que cette ligne est l'axe du Cadran.

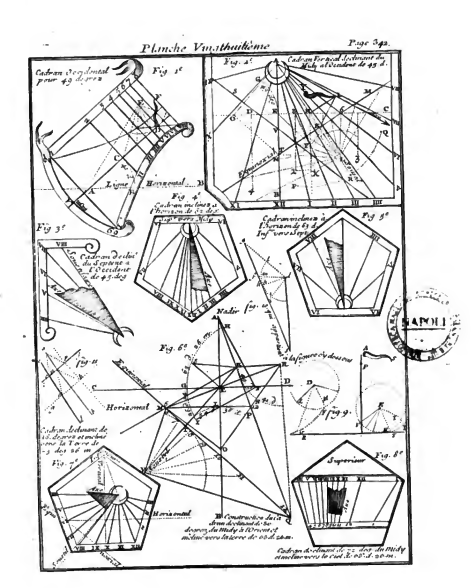
On sçait encore que l'intersection de la ligne Horisontale avec l'Equinoxiale donne le point de 6 H. Par conséquent dans la division qu'on fera des Heures sur la ligne Equinoxiale tracée, il faudra commencer le point de 6 H. comme on vient de dire, & suivre comme on a coutume de faire dans les autres Cadrans, où l'on employe cette ligne Equinoxiale pour y tracer les Heures.

Que si ce Plan n'est pas paralléle à une ligne à plomb, faites pendre un plomb du bout du Style S, & couchez une Equerre au point S, dont une branche tombera sur la ligne à plomb, l'autre branche ira marquer sur le Plan un point, par lequel passera sur ce même Plan une ligne de niveau, qui sera la ligne Horisontale, laquelle sera tantôt au-dessus du pied du Style & tantôt au-dessous, selon que le Plan sera incliné ou déclinant de l'Horison.

D'où il s'ensuit que la ligne de Midi n'est pas à plomb, quand le Plan n'est absolument point Vertical.

Pour tracer les lignes courbes.

Fig. 9. & 10. SOit fait sur un Plan l'angle *d s g* égal à l'angle de la Déclinaison du Soleil au tems où l'on a marqué le point d'ombre D; du point d'ombre D pour centre ayant décrit sur le Plan le cercle L M, & tiré les rayons D L, D M; ayant fait *s d* égal à S D. Du point *d*, comme centre, soit décrit le cercle *l m* égal au cercle L M; & ayant transporté la gran-


Cadran Occidental pour 49 degrez
Fig. 1e
Fig. 2e
Cadran Vertical declinant du Midy al Occident de 45 d.
Ligne Horizontal
Equinoxial
Fig. 4e
Cadran incliné à l'horizon de 62 deg.
Cadran incliné à l'horizon de 63 d.
Fig. 5e
Fig. 3e
Cadran declinant du Septent. a l'Occident de 45 deg
Nadir
Fig. 6e
Equinoxial
Horizontal
fig. 11
fig. 9
Cadran declinant de 16. degrez et incliné vers la Terre de
Fig. 7e
Horizontal
Fig. 8e
Superieur
Construction du cadran declinant de 80 degrez du Midy à l'Orient et incliné vers la terre de
Cadran declinant de degr. du Midy et incliné vers le Ciel

deur S L en *s l*, où elle rencontrera le cercle *l m* en *l*, soit menée *d l* prolongée ou non, qui rencontrera *s g* en *g*, & soit transporté *d g* en D G sur le Cadran : De même soit pris *s m* d'autant de rayons qu'on voudra, pour y avoir la courbe plus juste sur chaque point. On en fera autant autour du point E. Si l'on a tiré beaucoup de rayons, on décrira plus justement les courbes. Si l'opération est faite après les Equinoxes, c'est-à-dire, vers le Solstice d'Esté, les points d'ombre observés seront au-dessous de l'Equinoxiale dans un plan Vertical, & au-dessus dans un plan Horisontal ou Septentrional.

Remarquez qu'il faut un Style courbe pour bien en prendre le point d'incidence, & que pour le plus sûr il faut faire des cercles entiers autour des points d'ombre, pour ne se pas tromper ; parce que si le Soleil est dans les signes Septentrionaux, & que le plan soit déclinant du Midi, il faut faire l'opération vers le haut ; attendu que, (comme nous l'avons dit) l'Equinoxiale est au-dessus des points d'ombre. Mais c'est tout le contraire, si c'est un plan Horisontal ou Septentrional, ou s'il n'est pas incliné plus de la hauteur du Pôle.

Pour faire l'angle de déclinaison du Soleil convenable aux jours ausquels on a observé le point d'ombre, servez-vous des Tables que nous avons données (Livre VII. pag. 257, 258, 259 & 260.) & choisissez celle qui convient à l'année en laquelle vous opérez.

Il n'arrive que trop souvent que la disposition des lieux, ou la trop grande déclinaison ne permettent pas de se servir du centre du Cadran, pour en tracer les Heures : auquel cas il faut avoir recours à la méthode suivante, qui consiste à tracer par un seul point de chaque ligne des lignes aboutissantes à un point commun avec deux autres lignes déja données. Ainsi l'on tirera des seules lignes soustylaire & de l'axe données, sans avoir besoin de leur intersection, les lignes Horaires d'un Cadran, si l'on a les points des Heures marqués sur l'Equinoxiale en cette sorte.

Soit la ligne Soustylaire tracée *a b*, & la ligne de l'axe aussi tracée *c d* aboutissantes toutes deux au même point, c'est-à-dire, au centre du Cadran qu'on veut tracer. Tirez vers le centre une troisiéme ligne du point Fig. 12.
donné *b*, qui sera la perpendiculaire ou traversante *e f*, puis la paralléle *g h* par le point donné *b*. Du point *m* nous tirons la ligne *m n* ; du point *a* à volonté nous tirons *a o* paralléle à *m n* ; ensuite dudit point *m* nous tirons *m b* ; du point *a* nous tirons encore une paralléle à *m b*, qui nous donne sur la ligne *e f* le point *p*, par lequel & le point *b* donné, nous tirons la ligne demandée, qui aboutira au centre du Cadran.

Cette méthode est très-utile, non seulement dans la Gnomonique, mais encore dans la Géometrie. Car s'il s'agissoit de tirer à travers un bois une allée qui aboutît d'un point à un autre qu'on ne verroit pas, comme si le centre d'un Cadran étoit le Clocher d'un village, & le point *b* un Château, duquel on voudroit tirer droit au Clocher une route à travers le bois ; il suffiroit de tirer dans la campagne voisine deux lignes aboutissantes au Clocher. On pourroit encore tracer la route à travers le bois, sans en couper trop.

On est quelquefois assez embarassé à tracer toutes les Heures sur la ligne Equinoxiale, parce que les intersections trop éloignées ne peuvent se trouver sur la surface du Cadran ; il faut alors pratiquer ce que nous

avons dit au commencement de ce chapitre sur la *construction des Cadrans déclinans*, vers le milieu de la Section.

CHAPITRE II.

Construction du Déclinatoire & Inclinatoire.

XXIX Planche. Fig. 1. CEt Instrument est fait d'une plaque de cuivre ou de bois sec, bien unie, de figure rectangle, d'environ un pied de long, & de 7 à 8 pouces de large. On trace bien parallélement à un de ses longs côtés, comme A B, le Diamétre d'un Demi-cercle, que l'on divise en deux quarts, de 90 d. chacun, lesquels on subdivise quelquefois en demi-dégrés. La division doit commencer du point H, comme on le voit par la figure de l'Instrument. On y ajoûte une alidade marquée I, qui par le moyen d'un clou à tête tourne autour du centre G. On attache avec des vis à la ligne de foi de l'alidade, une Boussole, dont le Nord est tourné vers le centre G, & même quelquefois un petit Cadran Horisontal, dont la ligne de 12 H. est pareillement tournée vers le centre G.

Usage du Déclinatoire.

CEt Instrument est propre à connoître la Déclinaison des Plans. Or un *Plan* est dit *déclinant* lorsqu'il n'est pas tourné directement vers une des quatre parties Cardinales du monde, qui sont le Septentrion, le Midi, l'Orient & l'Occident.

La déclinaison se mesure par l'arc de l'Horison compris entre le premier Vertical & le Vertical paralléle au Plan, s'il est vertical, c'est-à-dire, perpendiculaire à l'Horison. Car si le Plan est incliné, il ne peut être paralléle à aucun Vertical, si ce n'est par sa base; & pour lors l'arc de l'Horison compris entre le premier Vertical & celui qui est paralléle à la base du Plan incliné, est la mesure de sa Déclinaison; ou bien l'arc de l'Horison, compris entre le Méridien du lieu & le Vertical perpendiculaire au Plan. Ces deux arcs étant égaux sont également la mesure de la Déclinaison du Plan.

Il n'y a que les Plans verticaux ou inclinés, qui puissent être déclinans; car pour les Horisontaux ils ne peuvent décliner, parce que leur face supérieure regarde directement le Zénith, & ainsi ces plans sont tournés indifféremment vers les quatre parties cardinales du Monde.

Pour connoître la déclinaison d'un Plan soit vertical soit incliné, tracez-y une ligne de niveau, c'est-à-dire, paralléle à l'Horison; appliquez le long de cette ligne le côté A B de l'Instrument, & tournez l'alidade avec la Boussole, jusqu'à ce que l'aiguille aimantée s'arrête justement sur sa ligne de déclinaison, qui doit etre marquée au fond de la Boussole. Cela étant, le nombre des dégrés coupés par la ligne de foi de l'alidade marquera la Déclinaison du Plan vers la partie du monde, indiquée par l'écriture gravée sur le Déclinatoire. Si, par exemple, l'alidade se trouve ar-

rêté entre H & B, sur le 45me d. & si le bout de l'aiguille, qui marque le Nord ou le Septentrion, est directement sur le point S de sa ligne de déclinaison, le plan décline de 45 d. du Midi à l'Occident; mais si dans cette même situation du Déclinatoire le bout opposé de l'aiguille, qui marque le Midi, étoit arrêté sur le point S de ladite ligne de déclinaison, le Plan observé déclineroit de 45 d. du Septentrion à l'Orient.

Si l'alidade se trouve entre A & H, & le Nord de l'aiguille sur le point S, la Déclinaison du Plan sera du Midi à l'Orient; mais si dans cette situation de l'alidade le Midi de l'aiguille est arrêté sur ledit point S, le Plan déclinera du Septentrion à l'Occident.

Si le lieu où l'on fait l'observation étoit éclairé du Soleil, & qu'on fût assuré de l'Heure présente par quelque bon Cadran ou autre moyen sûr, on pourroit trouver la déclinaison du mur ou plan proposé par le moyen du petit Cadran Horisontal attaché à l'alidade, laquelle on feroit tourner jusqu'à ce que le Style de ce Cadran marquât l'Heure juste, & pour lors les dégrés du Quart-de cercle, qui feroit à l'intersection de la ligne de foi de l'alidade, feroient connoître la déclinaison; & par ce moyen l'on éviteroit les erreurs que peut causer la Boussole tant par la variation de l'aimant que par l'approche du fer qui peut être caché dans les murs.

Lorsqu'un mur est éclairé du Soleil, on peut trouver la Soustylaire ou Méridienne propre par le moyen de deux points d'ombre observés de la maniére que nous avons dit, & ensuite sa déclinaison; ou bien l'on peut tracer une ligne Méridienne sur un plan Horisontal proche dudit mur, laquelle étant prolongée jusqu'à sa rencontre, servira à connoître sa déclinaison, comme aussi la variation de l'aiguille aimantée en la maniére qui suit.

Ayant tracé un cercle sur un Plan de niveau, (comme il est représenté Fig. M.) plantez un Style courbé en quelqu'endroit, comme en A, hors du centre du cercle. Il suffit que son extrémité pointue réponde justement à ce centre: ce qu'il fera facile de faire par le moyen d'une Equerre. Alors le centre du cercle étant libre & dégagé, on tirera la Méridienne, qui doit passer par ce centre, plus commodément que si le Style y étoit placé. Avant de tracer ce cercle, il est à propos de voir la longueur de l'ombre de votre Style, afin de faire passer la circonférence de ce cercle par le premier point d'ombre quelques Heures avant Midi. Lorsque l'ombre de l'extrémité du Style touchera la circonférence du cercle, marquez-y un point comme G, l'ombre se racourcira jusqu'à Midi, & ensuite se rallongera quelques heures après. Lorsqu'elle touchera encore une fois la circonférence du même cercle, marquez-y un second point comme F; divisez ensuite l'arc F G en deux parties égales, & par son milieu C & par le centre tirez le diamétre B C, & il formera la Méridienne. Fig. M.

Si cette opération se faisoit au tems des Equinoxes, il ne feroit pas besoin de tracer de cercle, car tous les points d'ombre feroient en ligne droite, comme E D, qui feroit la commune section de l'Equateur & du Plan: & toute ligne la coupant à angles droits, comme B C, feroit la Méridienne du Plan Horisontal. Fig. N.

En tout autre tems que celui des Equinoxes, l'ombre de la pointe du Style décrit une courbe, comme G H F (*Fig.* M.)

Ayant donc une Méridienne tracée, si l'on y applique un Cadran Ho-

rifontal, dont le Midi foit tourné vers B, qui repréfente le Nord, on connoîtra l'heure préfente, & l'on tournera en même tems l'alidade, en forte que le petit Cadran, qui y eft attaché, marque la même heure ; & pour lors les dégrés de la circonférence du Déclinatoire coupés par l'alidade feront connoître la déclinaifon du mur ou du plan.

Ou bien fi l'on prolonge cette Méridienne jufqu'à la rencontre du Plan déclinant, elle fera deux angles inégaux avec la ligne Horifontale que l'on y aura tracée, l'un aigu & l'autre obtus, que l'on mefurera le plus jufte qu'il fera poffible ; & la différence de l'un ou l'autre de ces deux angles à l'angle droit, fera la déclinaifon du Plan. Si l'angle aigu étoit, par exemple, de 50 d., & l'obtus par conféquent de 130, leur différence à l'angle droit, feroit de 40 d. pour ladite déclinaifon.

Pour obferver la variation de l'aiguille aimantée, appliquez un des côtés de la plaque quarrée de la Bouffole au long de la ligne Méridienne tracée fur le Plan ; lorfque l'aiguille fera arrêtée, remarquez de combien de dégrés fa pointe qui marque le Nord fera éloignée de la fleur-de-lis, qui eft à la Bouffole ; & par ce moyen vous connoîtrez la variation ou déclinaifon de l'aimant, mais ce ne fera pas pour long-tems, car elle eft fujette à changer. Quand on prend la déclinaifon des Plans avec la Bouffole, il faut avoir égard à la variation de l'aiguille aimantée, en la laiffant arrêter fur une ligne qui marque fa variation, & que l'on trace ordinairement au fond de la boëte de la Bouffole. Nous avons traité cette matiére fort au long pages 257, & fuivantes.

Ufage de l'Inclinatoire.

LE même Inftrument, qui fert à prendre la Déclinaifon des Plans, fert auffi à prendre leur Inclinaifon, c'eft-à-dire, l'angle que fait le Plan avec l'Horifon : & pour cet effet il y a un petit trou au centre G, où l'on paffe une foie, au bout de laquelle il y a un plomb.

Fig. 2. La figure 2 fait connoître la maniére de prendre la Déclinaifon & l'Inclinaifon des Plans.

Le Plan A, où eft appliqué le Déclinatoire, eft un Plan Vertical Méridional fans Déclinaifon.

Le Plan B décline du Midi à l'Occident de 45 d.

Le Plan C eft un Occidental tourné directement au couchant.

Le Plan D eft un Déclinant du Septentrion à l'Occident de 45 d.

Les autres déclinaifons plus ou moins grandes fe prennent de la même maniére en approchant du mur le côté A B du Déclinatoire, en forte que le Plan du Demi-cercle foit paralléle à l'Horifon.

Maniére de prendre l'Inclinaifon des Plans.

POur mefurer l'angle d'Inclinaifon, il faut approcher du mur quelqu'un des autres côtés du meme Inftrument & tenir le Plan du Demi-cercle perpendiculaire à l'Horifon, afin que la foie du plomb fufpendue au centre, rafant la circonférence y marque les dégrés dudit angle.

Si l'on applique le côté C D, par exemple, fur le Plan E, & que la foie tombe le long de la ligne G H, c'eft une marque que ce Plan eft paralléle à l'Horifon.

Appliquant

Appliquant le côté C A de l'Instrument sur le Plan F, si le plomb tombe, comme la figure le marque, c'est une preuve que ce Plan est incliné de 45 d. vers le ciel.

Le même Instrument appliqué au Plan G, si le plomb tombe le long du diamétre, ce Plan est vertical.

Enfin le côté A C étant appliqué sur le Plan H; & la soie du plomb, tombant comme la figure le montre, marque son Inclinaison de 45 d. vers la terre.

CHAPITRE III.

Construction & usages des Instrumens propres à marquer les Arcs des signes, les arcs diurnes, les heures Babyloniques, les heures Italiques & les Almucantaras avec les Méridiens des principales Villes.

IL s'agit présentement de marquer sur les Cadrans certaines lignes que l'ombre de l'extrémité du Style parcourra, lorsque le Soleil entrera dans chacun des douze signes du Zodiaque.

Du Trigone des signes.

ON fait ce Triangle ou Trigone de signes de cuivre ou de quelqu'autre matiére solide, grand à discrétion. Pour le construire tirez premiérement la ligne *a b*, qui représente l'axe du monde, & *a c* perpendiculaire à l'axe, pour représenter le rayon de l'Equateur. Du point *a*, comme centre, tracez à discretion l'arc *d c e*. Du point *c* comptez de part & d'autre 23 d. & demi pour la plus grande déclinaison du Soleil & tirez les lignes *a d*, *a e* pour les deux Tropiques, l'un d'Eté & l'autre d'Hiver. Tirez aussi la ligne *d e*, laquelle sera divisée en deux également par le rayon de l'Equateur au point *o*, duquel, comme centre, tracez un cercle dont la circonférence doit passer par les points des Tropiques *d* & *e*; divisez cette circonférence en 12 parties égales, en commençant du point *d*; par chaque point de division, également éloignés des points *d* & *e*, tirez des lignes occultes paralléles au rayon de l'Equateur, qui marqueront sur l'arc *d c e* des points, par lesquels & du centre *a* vous tirerez des lignes qui représenteront les commencemens des signes du Zodiaque, distans les uns des autres de 30 d. Pour les diviser de 10 en 10 d. il faut diviser la circonférence du cercle en 36 parties égales, & en 72 pour avoir cette division de 5 en 5 d. On marque les caractéres des signes sur chaque ligne. Quand le Trigone est divisé de 10 en 10 d. ou de 5 en 5, à l'endroit de chaque premiére dixaine des signes, on met la lettre du mois qui lui convient. Fig. 8

On peut encore faire ce Trigone plus promtement, par le moyen de la Table des déclinaisons du Soleil marquées ci-après; car ayant tracé les deux lignes *a b*, *a c* à angles droits, mettez le centre d'un Rapporteur au point A, son angle de 90 d. vers le point *c*; & le tenant ainsi fixément, comptez de part & d'autre du rayon *a c*, 23 d. 30 m. pour les Tropiques

de *Cancer* & de *Capricornus* 20 d. 12 m. pour les commencemens des signes de *Leo*, *Gemini*, *Sagittarius* & *Aquarius* & 11 d. 30 m. pour *Taurus*, *Virgo*, *Scorpio* & *Pisces*. On divisera de même chaque espace des signes de 10 en 10 d. ou de 5 en 5, par les déclinaisons marquées dans la Table ci-après. Les points équinoxiaux d'*Aries* & *Libra* se placent au bout du rayon de l'Equateur *a c*.

Table des Déclinaisons du Soleil en tous les dégrés de l'Ecliptique.

Quantiéme des signes.

Dégré de l'Eclipt.	*Signes.* ♈ *D.*	♎ *M.*	*Signes.* ♉ *D.*	♍ *M.*	*Signes.* ♊ *D.*	♐ *M.*	*Dégrés.*
1	0	24	11	51	20	25	29
2	0	48	12	12	20	36	28
3	1	12	12	32	20	48	27
4	1	36	12	53	21	0	26
5	2	0	13	13	21	11	25
6	2	23	13	33	21	21	24
7	2	47	13	53	21	32	23
8	3	11	14	12	21	42	22
9	3	35	14	32	21	51	21
10	3	58	14	51	22	0	20
11	4	22	15	9	22	8	19
12	4	45	15	28	22	17	18
13	5	9	15	47	22	24	17
14	5	32	16	5	22	32	16
15	5	55	16	22	22	39	15
16	6	19	16	40	22	46	14
17	6	42	16	57	22	52	13
18	7	5	17	14	22	57	12
19	7	28	17	30	23	2	11
20	7	50	17	47	23	7	10
21	8	13	18	3	23	11	9
22	8	35	18	16	23	15	8
23	8	58	18	34	23	18	7
24	9	20	18	49	23	21	6
25	9	42	19	3	23	24	5
26	10	4	19	18	23	26	4
27	10	26	19	32	23	27	3
28	10	47	19	46	23	28	2
29	11	9	19	59	23	29	1
30	11	30	20	12	23	30	0
	♓	♍	♒	♌	♑	♋	

Quantiéme des signes.

Par la *déclinaison du Soleil* en chaque dégré de l'Ecliptique on doit entendre les dégrés & minutes de distance dont le Soleil est éloigné de l'Equateur en chaque jour de l'année. De même que par la *déclinaison des arcs des Signes*, on entend la déclinaison du Soleil qui entre dans chaque signe du Zodiaque.

Ainsi par le moyen de cette Table des Déclinaisons on connoît par tout & à chaque jour combien le Soleil à Midi décline & s'éloigne des Equinoxes en chaque dégré des signes du Zodiaque, la plus grande étant supposée 23 d. 30 m. bien qu'à présent elle ne soit que d'environ 23 d. 29 m.; mais une minute de différence est peu considérable dans l'usage des Cadrans. Les dégrés qui vont en croissant de haut en bas dans la premiére colonne vers la gauche sont pour les signes marqués au-dessus; & les dégrés qui vont en décroissant de haut en bas dans la derniére colonne vers la droite, sont pour les signes marqués en dessous.

Du Trigône des Arcs diurnes & nocturnes.

Comme par la déclinaison des arcs des signes on entend la déclinaison du Soleil entrant dans chaque signe du Zodiaque; de même par la *déclinaison des arcs diurnes* il faut entendre la déclinaison du Soleil en certains dégrés de l'Ecliptique, où il se trouve aux jours qui contiennent un certain nombre d'heures complettes, comme 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, &c. Le Trigône des signes est toujours le même pour toutes les élévations du Pôle, ainsi que la déclinaison des arcs de ces signes, qui est par tout la même, parce que les arcs de déclinaison desdits signes commencent & finissent en mêmes dégrés de l'Ecliptique & en mêmes jours; mais le Trigône des arcs diurnes varie, comme leur déclinaison, selon chaque élévation particuliére du Pôle, & selon la diversité des Latitudes des pays & des plus longs ou plus courts jours de l'année, d'autant qu'ils ne commencent & ne finissent pas toujours par-tout en mêmes jours.

Ces arcs se tracent sur les Cadrans par des lignes courbes comme les arcs des signes. On en met autant qu'il y a d'heures de différence entre le plus court & le plus long jour de l'année.

Les *rayons de ces arcs diurnes* sont des lignes droites, tirées du centre de la terre ou du bout du Style qui le représente aux circonférence des arcs diurnes, qui sont des cercles paralléles à l'Equateur, comme les arcs des signes. Ainsi ces arcs diurnes ne sont que les mêmes cercles des dégrés de l'Ecliptique ausquels le Soleil se trouve en certains jours, qui (comme nous l'avons déja dit) contiennent un certain nombre d'heures, de maniére que quand le Soleil est en l'un de ces paralléles & éloigné de l'Equateur, le jour est plus court ou plus long d'une heure, que lorsqu'il est au paralléle précédent ou au suivant.

Pour construire le triangle ou secteur des arcs diurnes, tirez premiérement sur une plaque de cuivre, ou de quelqu'autre matiére solide la ligne droite R Z, qui est le rayon de 12 h. ou de l'Equateur; du point R, comme centre & d'une ouverture de compas à volonté décrivez l'arc de cercle T S V; portez de S en V un arc égal à celui de l'élévation de l'Equateur, ou ce qui est le même, du complément de l'élévation du Pôle, XXIX. Planche. Fig. 4.

comme si le Pôle est élevé de 49 d. faites l'arc S V de 41 d. aussi-bien que l'arc S T ; tirez ensuite la droite T X V, & du point X, comme centre, décrivez la circonférence de cercle T Z V Y, que vous diviserez en 48 parties égales par lesquelles vous tirerez des lignes ponctuées paralléles au rayon de l'Equateur R Z, & ces lignes couperont le diamétre T X V en 24 parties inégales, par où & par le point R vous tirerez les rayons des jours jusqu'à la circonférence T S V, qu'ils diviseront en arcs, qui seront ceux de leur déclinaison comptée à droite & à gauche du point S.

Comme le plus long jour à Paris est de 16 h. & le plus court de 8, il sera nécessaire de ne marquer que quatre rayons d'un côté de la ligne R Z, & autant de l'autre.

On peut encore trouver par la Trigonométrie les angles que font au centre R tous les rayons, en faisant cette analogie : Comme le sinus total est à la tangente du complément de l'élévation du Pôle, ainsi le sinus de la différence de l'arc semi-diurne des Equinoxes & de l'arc proposé est à la tangente de la déclinaison du rayon diurne, qui étoit à trouver.

Si l'on veut tracer sur le Trigône le rayon de l'arc diurne de 11 h. ou de 13 h. on trouvera sa déclinaison en cette sorte : Le demi-arc diurne est de 5 h. & demie ou de 6 h. & demie ; le jour des Equinoxes est de 12 h. & par conséquent le demi-arc diurne est de 6 h. & la différence est d'une demie-heure. C'est pourquoi il faudra mettre pour premier terme de la régle de trois, le sinus total ; pour second terme la tangente de 41 d., si c'est pour Paris ; & pour troisiéme terme le sinus de 7 d. 30 m. La régle étant faite, on trouvera que la déclinaison du Soleil est de 6 d. 28 m. Méridionale, lorsque le jour à Paris est de 11 h. complettes, & la nuit de 13 ; & que pareillement sa déclinaison étant de 6 d. 28 m. Septentrionale, le jour y est de 13 h. & la nuit de 11 h.

En faisant trois autres régles de trois, on trouvera que la déclinaison de l'arc diurne de 10 h. & de 14 h. est de . . . 12 d. 41 m.

Celle de l'arc de 9 h. & de 15 h. est de . . 18 25

Et celle de l'arc de 8 h. & de 16 h. de . . 23 30

Usage des Arcs diurnes & nocturnes.

CEs Arcs servent à marquer sur les Cadrans les longueurs des jours. Lorsque le bout de l'ombre du Style parcourt ces arcs, il fait connoître combien d'heures le Soleil reste ce jour-là sur l'Horison, c'est-à-dire, la longueur du jour, & conséquemment celle de la nuit, qui est son complément à 24 heures.

Du Trigône avec une alidade.

Fig. 5. CE Triangle de signes est monté sur l'alidade A, pour tracer les arcs des signes sur les grands Cadrans. On peut aussi marquer sur le même Triangle les arcs diurnes ; mais il ne faut mettre que les uns ou les autres sur le même Cadran, pour éviter la confusion des lignes. Il y a un petit trou au centre avec un clou, par le moyen duquel l'instrument peut tourner autour du centre du Cadran. On ajuste une coulisse à ce Triangle, pour qu'il puisse couler le long de la ligne de foi de la régle, & une vis

marquée B, pour l'arrêter où l'on veut. Les arcs des signes avec leurs caractéres sont autour de la circonférence avec une soie fine au centre du secteur, pour l'étendre le long des rayons jusqu'à la rencontre des lignes horaires du Cadran, de la maniére que nous le dirons ci-après.

Cette figure représente la moitié d'un Cadran Horisontal avec les lignes horaires du matin jusqu'à Midi, & avec sa ligne équinoxiale C D; ce qui doit suffire pour expliquer la maniére d'y tracer les arcs de signes par le moyen de la figure 7, qui représente un Triangle de signes tracé sur une plaque, sur lequel on a rapporté les heures dudit Cadran horisontal en cette maniére. Fig. 6.

Prenez avec un compas sur le Cadran la grandeur de l'axe V R & la portez sur l'axe du Triangle de O en C; prenez ensuite au Cadran la distance du centre V jusqu'au point C, où la ligne de 12 h. coupe l'équinoxiale & la portez au Triangle de C en *a*, pour y tracer légerement C *a* 12, qui coupera toutes les 7 lignes du Triangle. Pour paralléle du Tropique d'Esté, prenez sur cette ligne la distance du point C jusqu'à la rencontre du rayon de *Cancer*, & la portez au Cadran du centre V sur la ligne de 12 h., pour y marquer un point dudit Tropique; prenez de même sur la ligne C *a* 12 du Triangle, la distance depuis C jusqu'à la rencontre du paralléle des *Gémeaux*, & la portez au Cadran sur la même ligne de 12 h. pour y marquer un point dudit paralléle; prenez aussi toutes les autres distances sur le Triangle & les portez les unes après les autres au Cadran sur la ligne de 12 h. depuis le centre jusqu'au point du Tropique d'Hiver, qui doit être le plus éloigné du centre sur le Cadran horisontal; faites la même chose pour toutes les autres heures les unes après les autres. Fig. 7.

Prenez sur la ligne d'11 h. du Cadran, la distance depuis le centre jusqu'au point où cette ligne coupe l'équinoxiale, & portez-là au Triangle de C vers *a*; tirez la ligne C 11, & prenez les distances du point C jusqu'à l'intersection de chaque paralléle des signes & les portez au Cadran depuis le centre jusqu'aux points marqués 2 sur ladite ligne de 11, & ainsi des autres.

A l'égard de la ligne de 6 h. laquelle sur le Cadran est paralléle à l'Equinoxiale, faites-la aussi paralléle au rayon de l'Equateur O *a* sur le Triangle. Pour y marquer la ligne de 7 h. du soir, décrivez du point C, comme centre, un arc à volonté 4 *e b*, sur lequel ayant pris la distance *e e* depuis la section *e* de l'arc avec la ligne de 6 h. jusqu'à la section *e* de la ligne de 5 h. & vous la porterez de l'autre côté depuis *e* au point 7, par lequel vous ménerez du centre *e*, la ligne de 7 h. laquelle ne rencontrera que le Tropique d'Esté, & à peine le paralléle des *Gémeaux*. Enfin la ligne de 8 h. du soir doit faire avec celle de 6, le même angle que fait de l'autre côté celle de 4 h.; mais il est inutile de la marquer pour la latitude de 49 d., puisque cette ligne ne peut couper aucun rayon des signes, étant paralléle au Tropique de *Cancer*.

Quand tous ces points seront marqués sur les heures du Cadran, on joindra, le mieux qu'il sera possible, tous ceux qui appartiennent à un même signe, par des lignes courbes, qui représenteront les paralléles des signes du Zodiaque, dont on marquera les caractéres, comme on les voit en la figure. On y joint quelquefois les noms des mois & de quelque Fête immobile remarquable. On fait la même opération pour les Cadrans Ver-

ticaux, si ce n'est que le Tropique d'Hiver y doit être le plus proche du centre & celui d'Esté le plus éloigné.

Pour marquer les arcs des signes ou les arcs diurnes sur les grands Cadrans, servez-vous de la Figure 5 en la maniére qui suit.

Attachez avec un clou la régle au centre du Cadran, en sorte que vous
Fig. 8. la puissiez tourner & arrêter sur ses lignes horaires, comme vous le montre la figure 8. Après avoir pris la distance depuis le centre du Cadran jusqu'au bout du Style & arrêté fixément le Triangle avec la vis R, prenez d'une main la soie & de l'autre remuez l'Instrument couché sur le plan du Cadran, en sorte que la soie tendue le long du rayon de l'Equateur du Trigône rencontre la section de l'Heure & de la ligne Equinoxiale du Cadran; arrêtez l'Instrument dans cette situation, puis étendez la soie sur les rayons du Trigône, & marquez sur chaque ligne horaire les points, par où doivent passer les paralléles des signes tant au-dessus qu'au-dessous de la ligne Equinoxiale, comme il paroît que cela a été fait sur la ligne de 12 h. du Cadran représenté par la Figure 8.

Faites de même sur toutes les lignes horaires les unes après les autres; & par les points du même signe tracez les lignes courbes qui représenteront leurs paralléles sur la surface du Cadran.

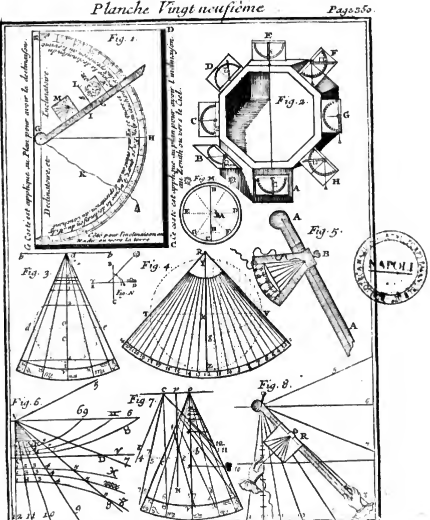
Pour les marquer sur la ligne de 6 h., tournez l'Instrument de sorte que la ligne de soi de la régle soit sur la ligne de 12 h. & le rayon de l'Equateur soit paralléle à la ligne de 6 h.; après quoi vous étendrez la soie sur les rayons des signes, jusqu'à ce qu'elle coupe la ligne de 6 h. pour y marquer les points paralléles.

Quand vous aurez marqué les arcs des signes d'un côté du Cadran, par exemple, sur les heures du matin, vous transporterez du centre avec un compas les mêmes distances sur les heures de l'autre côté de la Méridienne; de sorte que les points marqués sur la ligne de 11 h. seront portés sur celle d'une heure, ceux de la ligne de 10 h. seront portés sur celle de 2; & ainsi des autres également éloignés de la Méridienne. Vous y mettrez les caractéres des signes qui leur conviennent.

C'est de la même maniére que se marquent ces signes sur les Cadrans déclinans, en prenant la Soustylaire pour la Méridienne, & en observant que les distances depuis le centre doivent être égales aux heures également éloignées de la Soustylaire.

Si au lieu des arcs des signes, on marque sur ces Cadrans les arcs diurnes, c'est-à-dire, la longueur des jours, on y pourra mettre aussi l'Heure du lever & du coucher du Soleil, en partageant la longueur du jour en deux également; car lorsque le jour est, par exemple, de 15 h., le Soleil se couche à 7 h. & demie du soir, & se léve autant avant Midi, c'est-à-dire, à 4 h. & demie du matin; & ainsi des autres.

Pour tracer les arcs des signes sur les Cadrans Equinoxiaux, (comme sur le Cadran de la *Figure 7. Planche 27*) prenez la longueur du Style A D & la portez sur l'axe du Trigône de la Figure 7 Planche 29. Du point O jusqu'en *p* tirez la ligne *p* N, paralléle au rayon de l'Equateur; elle coupera le Tropique d'Esté & deux autres paralléles. Prenez avec un compas la distance du point *p* jusqu'à l'intersection du Tropique; portez cette ouverture au centre A du Cadran, & tracez un cercle qui représentera le Tropique de *Cancer*. Prenez de même les deux autres [illegible] pa-


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig 7.
Fig. 8.
Inclinatoire
Declinatoire, et
C. Costé pour l'inclinaison au Nadir ou vers la terre
Ce Costé est appliqué au Plan pour avoir la declinaison.



ralléle du Trigône, pour en tracer deux autres cercles sur le Cadran, dont l'un sera le paralléle des Gemeaux & du Lion, & l'autre celui du Taureau & de la Vierge que vous pouvez tracer sur l'Equinoxial supérieur. Si c'étoit un inférieur, on y marqueroit les paralléles du Scorpion & des Poissons, celui du Sagittaire & du Verseau & celui du Capricorne. Car à l'égard de ceux du Belier & de la Balance, on ne peut les décrire sur les Cadrans Equinoxiaux, parce que quand le Soleil est dans le plan de l'Equateur, ses rayons rasent la surface de ces Cadrans, & l'ombre de leur Style est indéfinie, c'est pourquoi ils ne marquent pas l'heure en ce tems-là.

La ligne Horisontale se trace de cette maniére : La longueur du Style étant posée sur la ligne de 6 h. de son extremité D comme centre, tracez au-dessus pour le supérieur, l'arc E F, égal à l'élévation du Pôle, comme ici où nous sommes, de 49 d : tirez la ligne D F, qui coupera la Méridienne au point H, par lequel vous tracerez la ligne Horisontale paralléle à celle de 6 h., comme vous le voyez en la figure 7 planche 27.

Cette ligne sert à faire connoître le lever & le coucher du Soleil au commencement de chaque signe ; car comme elle coupe en ce Cadran le Tropique de *Cancer* aux points de 4 h. du matin & de 8 h. du soir, il s'ensuit que le Soleil au jour du Solstice d'Esté se léve à 4 h. du matin & se couche à 8 h. du soir sur l'Horison de Paris ; & ainsi des autres.

Pour tracer les Arcs des signes sur les Cadrans Pôlaires.

LE Cadran étant construit, comme on l'a vû fig. 6 de la Planche 28. les rayons des heures ponctuées (depuis le point D, centre du Quart-de-cercle & bout du Style, jusqu'à la rencontre de la ligne Equinoxiale A B) portez ces distances les unes après les autres sur le rayon ♈ de l'Equateur du Trigône des signes, (*fig.* 7 de la planche 29) pour lui mener par ces points autant de perpendiculaires qu'il y a d'Heures ponctuées, c'est-à-dire, une pour 12 h. & 5 autres pour 1, 2, 3, 4 & 5 h. lesquelles couperont les rayons des signes du Trigône ; prenez ensuite sur ces perpendiculaires la distance depuis le rayon de l'Equateur du Trigône jusqu'aux autres rayons des signes, & transportez toutes ces distances de part & d'autre sur les lignes horaires du Cadran depuis l'Equinoxiale A B. Prenez, par exemple, sur le Trigône l'espace de 12 ♑, & le portez au Cadran du point C, sur la ligne de 12 h. pour y marquer les points des Tropiques. De même l'espace pris au Trigône, sur la ligne 5 ♑ ou ♋, sera portée sur la ligne de 5 & de 7 h. du Cadran de part & d'autre également depuis la ligne Equinoxiale, & ainsi des autres signes dont vous tracerez les paralléles par des lignes courbes ; sçavoir les signes Septentrionaux au-dessous de la ligne Equinoxiale, & les Méridionaux au-dessus. Nous n'avons tracé que les deux Tropiques sur la figure de ce Cadran, pour ne la pas embarrasser.

Les Arcs diurnes se tracent de la même maniére que les Arcs des signes.

Pour tracer les Arcs des signes sur les Cadrans Orientaux & Occidentaux.

ILs se tracent à peu près de même que sur les Cadrans Pôlaires. *XXVIII. Planche. Fig. 1.*

Soit, par exemple, la fig. 1re Planche 28e qui représente un Ca-

dran Occidental. Les rayons des heures étant ponctués (depuis le point E, centre du Quart-de-cercle & longueur du Style, jusqu'à la ligne equinoxiale C D) ils seront portés avec un Compas au Trigône de la Figure 3 planche 29e, depuis le point *a*, sur le rayon de l'Equateur, pour y tracer autant de perpendiculaires, qui couperont les rayons des signes; vous prendrez sur ces perpendiculaires les distances depuis le rayon de l'Equateur jusqu'aux intersections des autres signes, & les reporterez sur les lignes horaires du Cadran de côté & d'autre de la ligne Equinoxiale.

Prenez, par exemple, au Trigône l'espace de 6 ♋ ou ♑, & portez-le au Cadran sur la ligne de 6 h. de part & d'autre du point D; faites-en de même pour les autres heures, & par les points que vous y aurez marqués, tracez les lignes courbes, qui représenteront les paralléles des signes; sçavoir les Septentrionaux au-dessous de la ligne Equinoxiale, & les Méridionaux au-dessus.

Les Arcs diurnes se tracent de la même façon.

Nous n'avons tracé que les deux Tropiques sur ce Cadran, pour ne pas embarrasser la Figure.

Construction d'un Cadran Horisontal avec les Heures Italiques, Babiloniques, les Almucantaras & les Méridiens.

Après avoir marqué sur les Cadrans les heures Astronomiques ou Françoises avec les Arcs diurnes & ceux des signes, on peut encore y représenter plusieurs autres projections des cercles de la Sphére, qui seront des choses curieuses & utiles, & que l'extrémité de l'ombre du Style y marquera, comme sont les Heures Italiques & Babyloniques, les Azimuths, les Almucantaras & les Méridiens des principales villes de la terre.

Les Heures Italiques & Babyloniques ont pour premiére ligne l'Horison, comme les heures Astronomiques ont pour commencement le Méridien. Les Italiens commencent à compter les heures, lorsque le centre du Soleil touche l'Horison en se couchant; & les Babyloniens lorsqu'il le touche en se levant.

Méthode générale pour tracer sur toutes sortes de Cadrans les Heures Italiennes & Babyloniennes.

XXX Planche. fig. 1. Cette figure représente un Cadran Horisontal, sur lequel on a tracé plusieurs cercles de la Sphére. Les Heures Astronomiques étant tracées avec la ligne Equinoxiale & un Arc diurne ou un paralléle du lever du Soleil à telle heure que vous voudrez, comme à 4 h., qui est le méme que le Tropique d'Esté, pour 49 d. de Latitude, vous trouverez par la méthode que nous allons enseigner, deux points de chacune de ces lignes, un sur la ligne Equinoxiale, & l'autre sur le paralléle tracé, par le moyen desquels il sera facile de marquer ces lignes horaires, parce qu'étant les communes sections des grands cercles de la Sphére avec le Plan du Cadran, elles s'y doivent représenter en lignes droites.

Voulant donc tracer la premiére heure Babylonique, considérez que le Soleil étant dans l'Equateur, il se leve à 6 h. & qu'à 7 il y a une heure qu'il

qu'il est levé ; d'où il suit que cette premiére heure doit passer par le point où la septiéme heure Astronomique coupe l'Equinoxiale. La seconde heure passera par l'intersection de 8 h. du matin ; la troisiéme par celle de 9 ; & ainsi de suite.

On s'est contenté de marquer les chiffres & les divisions des Heures Astronomiques ou Françoises, sans tirer jusqu'au centre les lignes de ces heures, qui auroient trop embrouillé la figure du Cadran : on pourra par le moyen d'une régle ou d'une soie tendue du centre par ces divisions, connoître la trace de ces lignes, & leur section avec l'Equinoxiale.

Mais quand le Soleil se léve à 4 h, le point de 5 h. sur le paralléle de ♋, est celui de la premiére heure Babylonique ; le point de 6 est pour la seconde heure ; celui de 7 pour la troisiéme ; & ainsi des autres. Mettez donc une régle sur le point d'intersection de 5 h. au Tropique de *Cancer*, ainsi que sur le point d'intersection de 7 h. en l'Equinoxiale, & par ces deux points tracez la premiére heure Babylonique ; & en continuant de même, vous trouverez que la 8me heure passera par le point de la 12me heure Astronomique sur ce Tropique, & par celui de 2 heures après Midi sur l'Equinoxiale ; & que la 15me heure passera par le point de 7 h. du soir sur ledit Tropique & par celui de 5 h. sur l'Equinoxiale.

Il est facile de tracer toutes ces lignes horaires, lorsqu'on en a une, parce qu'elles se suivent toutes par ordre d'heure en heure Astronomique sur le paralléle & sur la ligne Equinoxiale, comme il est aisé de le voir par la figure.

Enfin le Soleil se couche à 16 h. Babyloniennes, lorsque le jour est de 16 h. il se couche à 12 h. pendant les Equinoxes ; & à 8 h., lorsque la nuit est de 16 h. puisqu'il se léve toujours à 24 h.

Il faut faire à peu près le même raisonnement pour marquer les heures Italiennes. On compte toujours 24 h. quand le Soleil se couche ; c'est pourquoi en Esté quand les nuits sont de 8 h., il se leve à 8 h. Italiques ; pendant les Equinoxes il se leve à 12 h. ; & en Hiver, quand les nuits sont de 16 h., il se leve à 16 h. ; d'où il suit que la 23me heure Italienne doit passer par les points de 7 h. du soir au Tropique d'Esté, de 5 h. sur l'Equinoxiale, & de 3 h. sur le Tropique d'Hiver. Il suffit d'avoir deux de ces points pour la tracer. La 22me heure passe par les points de 6 h. du soir au Tropique d'Esté, de 4 h. sur l'Equinoxiale, & de 2 h. sur le Tropique d'Hiver. En continuant de même, on trouvera que la 18me heure passe par les points de 12 h. Equinoxiales, c'est-à-dire, que pendant les Equinoxes il est Midi à 18 h., au lieu qu'au Solstice d'Esté il est Midi à 16 h., & pendant le Solstice d'Hiver à 20 h. dans les pays qui ont 49 d. de Latitude, comme on le voit dans les Tables ci-après.



Tables pour trouver les heures Babyloniques & Italiques.

Heures Babyloniques.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
passent ♋	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
en l'arc ♈ par	7.	8.	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
de ♑	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Heures Italiques.	23.	22.	21.	20.	19.	18.	17.	16.	15.	14.	13.	12.	11.	10.	9.	8.
passent ♋	7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.
en l'arc ♈ par	5.	4.	3.	2.	1.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.
de ♑	3.	2.	1.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.	12.

Par les heures Italiennes on voit dans combien de tems le Soleil ſe doit coucher, en ôtant l'heure préſente du nombre 24 ; & par les heures Babyloniennes on voit combien il y a de tems qu'il eſt levé.

De la maniére de tracer les Almucantaras & les Azimuths, & de leurs uſages.

XXX Planche. Fig. 1. Les *Almucantaras* ſont des cercles paralléles à l'Horiſon, qu'on s'imagine paſſans par tous les dégrés du Méridien. Ces cercles de hauteur ſe repréſentent ſur l'Horiſontal par des cercles concentriques, décrits du pied du Style.

Les *Azimuths* qui ſont des cercles tirés par tous les points de l'Horiſon & qui ſe coupent aux Pôles de l'Horiſon, c'eſt-à-dire, au Zénith & au Nadir, ſe tracent par des lignes droites, qui aboutiſſent au même pied du Style B, lequel repréſente le Zénith & eſt le centre commun de tous les Almucantaras. Sur les Cartes marines les Azimuths ſont repréſentés ſur des Rhumbs.

C'eſt pourquoi il n'y a qu'à diviſer en dégrés la Méridienne B 12, du bout du Style C, comme centre, alors les tangentes des arcs ſeront les demi-diamétres des Almucantaras qui ſe termineront aux deux Tropiques. Pour avoir ces tangentes on peut ſe ſervir d'un Quart-de-cercle diviſé comme celui de la figure 2. Pour cet effet portez la longueur du Style CB de la figure 1. ſur la figure 2. de A en H, & tirez la ligne HI, ſur laquelle vous prendrez avec un compas les diſtances, & les porterez ſur la ligne B 12, en ſorte que le 90me dégré réponde au point B. Mais comme ce Cadran eſt fait pour 49 d. de Latitude, & que par conſéquent le Soleil ne peut s'élever ſur cet Horiſon que de 64 d. 30 m. il ſuffira de marquer cette plus grande hauteur du Soleil, qui ſe terminera au Tropique d'Eſté.

Enſuite ſi l'on diviſe un de ces cercles de hauteur de 10 en 10 d., en commençant depuis la Méridienne B 12, qui eſt le 90me Azimuth, & que

par ces points de division on tire au pied du Style B, autant de lignes droites, on aura la repréſentation des Azimuths où cercles verticaux. Nous ne les avons point marqués ſur ce Cadran pour éviter la confuſion, mais il eſt facile de les concevoir.

L'uſage des Almucantaras eſt de faire connoître à toute heure la hauteur du Soleil ou des Etoiles ſur l'Horiſon, ſur les Cadrans. Les Almucantaras ſe nomment *Paralléles de hauteur*. Quant aux Azimuths, ils font connoître en quel cercle vertical ſe trouve un Aſtre. Car c'eſt ſur des Azimuths que ſe prend l'élévation des Aſtres ſur l'Horiſon, ainſi que leur diſtance du Zénith. Cela ſe voit en remarquant l'endroit où l'extrémité de l'ombre du Style droit donne ſur le cercle de hauteur & ſur la ligne de l'Azimuth.

Méthode pour marquer les Méridiens ſur le Cadran Horiſontal.

DU point D, centre diviſeur de la ligne Equinoxiale, tracez une circonférence de cercle & la diviſez en 360 parties égales ou dégrés, ou ſeulement en 36 parties pour y marquer les dégrés de 10 en 10. De la ligne de Midi, qui repréſente le Méridien du lieu pour lequel eſt conſtruit le Cadran, comme de Paris, comptez vers l'Occident 20 d. pour ſa Longitude ou diſtance du premier Méridien, qui paſſe par le point G; ſur lequel ayant écrit 360 d. vous prolongerez la ligne G D juſqu'en E, ſur l'Equinoxiale; enſuite du centre A & par E tracez le premier Méridien qui eſt l'Iſle de Fer, & ainſi des autres. Mais il vous ſera plus facile de marquer de l'Occident vers l'Orient les Méridiens ou cercles de Longitude terreſtre de 5 en 5 d., ou de 10 en 10, & d'y placer les principales villes, dont les Longitudes vous ſont connues; comme Rome à 10 d. 20 m. plus orientale que Paris; Vienne en Autriche à 14 d. 32 m. plus orientale que ladite ville de Paris; & ainſi des autres villes conſidérables, dont vous connoîtrez la différence des Méridiens à celui de Paris, par le moyen d'un bon Globe ou par une Carte de Géographie, conſtruite ſur les obſervations exactes de Meſſieurs de l'Académie Royale des Sciences. Fig. 1.

Uſage du Cadran Horiſontal.

TOutes les fois que le Soleil luira ſur votre Cadran, vous connoîtrez non ſeulement quand il eſt Midi, mais encore quelle heure il eſt en tous les lieux marqués ſur les Méridiens, en ajoûtant à l'heure de Paris (pour lequel eſt fait ce Cadran) autant d'heures qu'il y a de fois 15 d. de différence & 4 m. d'heure pour chaque dégré, & ce aux lieux plus orientaux entre la Méridienne du Cadran & celle du lieu propoſé; & au contraire en les ôtant pour les lieux plus occidentaux.

Ainſi quand ce Cadran marquera, par exemple, Midi à Paris, il ſera près d'une heure après-midi à Vienne en Autriche, puiſque cette ville eſt plus orientale que Paris de 14 d. 32 m. & par conſéquent reçoit la lumiére du Soleil plutôt que Paris. Il ſera 41 m. 20 ſec. après-Midi à Rome, puiſqu'elle eſt 10 d. 20 m. à l'Orient de Paris: & il ſera 10 h. 2 m. du matin à Paris, lorſqu'il ſera Midi à Péterſbourg, ville de Moſcovie; & réciproquement lorſqu'il ſera Midi à Paris, il ſera une heure 58 m. après Midi à Péterſbourg, qui eſt plus orientale de 29 d. 30 m. Pareillement on

voit que quand il est Midi à Péterſbourg, il est en même tems une heure 24 m. à Iſpaham, ville plus orientale de 21 d. que Péterſbourg, & qu'au même inſtant il eſt auſſi 10 h. 43 m. 20 ſec. du matin à Rome, qui eſt plus occidentale de 19 d. 10 m. que la même ville de Péterſbourg.

Il en eſt de même des villes plus occidentales que Paris. Par exemple, quand un Cadran marque Midi à Paris, on voit qu'il eſt neuf heures & demie du matin à Olinde dans le Breſil, qui eſt plus occidentale de 37 d. 30 m.; & réciproquement il eſt Midi à Olinde lorſqu'il eſt deux heures & demie après-Midi à Paris; & ainſi des autres villes qui ſeront à l'Orient ou à l'Occident d'Olinde, qui auront le Midi plutôt ou plûtard que cette ville.

Ces lignes de Longitude ſont tirées du centre du Cadran, comme les lignes horaires, par les dégrés requis de l'Equinoxiale : Chacune d'elles repréſente le Méridien du lieu, qui lui eſt attribué, dont le nom eſt écrit à côté avec ſa longitude, comptée comme les heures de 15 en 15 dég. depuis la ligne de Midi (du lieu pour lequel a été fait le Cadran) vers la gauche ſur les heures du ſoir, ſi les lieux ſont plus occidentaux; vers la droite ſur les heures du matin, s'ils ſont plus orientaux. Tous ces Méridiens divers ſe marqueront, comme les heures, par l'ombre de l'axe ou du Style, enſorte que quand elle donnera ſur quelqu'une de ces villes, ce ſera une marque qu'il y eſt Midi.

CHAPITRE IV.

De la conſtruction & des uſages des Inſtrumens propres à tracer les Cadrans ſur différens Plans.

Fig. 2. CE Quart-de-cercle diviſé en 90 d. ſe fait ſur une plaque de cuivre ou d'autre matiére ſolide. Sa grandeur eſt à volonté. Il peut ſervir à trouver la longueur des tangentes, & par ce moyen à diviſer en dégrés une ligne droite, comme nous avons fait ſur la Méridienne du Cadran Horiſontal, (fig. 1 de cette même Planche) pour y marquer les rayons des Almucantaras.

On y peut pareillement trouver les diviſions des heures ſur la ligne Equinoxiale des Cadrans réguliers, & même des Cadrans déclinans, dont la Souſtylaire ſe rencontre ſur une heure complette, en portant du centre A juſqu'en H ou en L, la longueur du rayon de l'Equateur, & tirant une ligne droite, comme H I ou L M, paralléle au rayon extérieur du Quart-de-cercle A C; car la diſtance L 1 h. ou 11 h. (qui répond à 15 d. de la diviſion du Quart-de-cercle) ſera la tangente de la premiére heure comptée depuis la Méridienne ou Souſtylaire du Cadran. C'eſt pourquoi étant portée ſur la ligne Equinoxiale, dont je ſuppoſe que A L eſt le rayon, elle y déterminera le point par où doit paſſer cette ligne horaire. L 2 (qui répond à 30 d. de la circonférence du Quart-de-cercle) ſera la tangente de la ſeconde heure. L 3, qui répond à 45 d. ſera la tangente de la troiſiéme heure; & ainſi des autres; & par ce moyen on a déja 3 h. de ſuite de chaque côté de la Méridienne ou Souſtylaire, ce qui fait en tous ſix eſ-

paces d'heure de fuite, & peut fuffire pour trouver toutes les autres lignes horaires du Cadran, en fuivant la méthode que nous avons expliquée ci-devant en parlant des Cadrans déclinans, laquelle peut s'appliquer de même à tous les Cadrans réguliers, comme eft un Horifontal, fur lequel on aura fix intervalles d'heure de fuite, comme depuis 9 h. du matin jufqu'à 3 h. après-Midi.

On pourra avec cette même méthode trouver toutes les autres heures du Cadran, comme celles de 7 & 8 h. du matin, 4 & 5 h. du foir, que l'on a quelquefois peine à marquer fur la ligne Equinoxiale du Cadran, principalement les points de 5 & de 7 h. à caufe de la longueur de leurs tangentes. Les lignes horaires trouvées par cette méthode, pourront fervir à en trouver d'autres; & celles qui font trouvées, étant prolongées au-delà du centre, donneront leurs oppofées.

Ce même Quart-de-cercle peut encore fervir de Cadran portatif, parce que les heures s'y peuvent tracer par le moyen d'une Table des hauteurs du Soleil fur l'Horifon du lieu pour lequel on veut le conftruire, comme nous l'expliquerons au chapitre fuivant.

Conftruction d'un Cadran Horifontal mobile.

IL eft compofé de deux plaques de cuivre ou autre matiére folide, bien droites & bien unies, appliquées l'une fur l'autre & jointes enfemble Fig. 3. par le moyen d'un clou rond mis au centre A. La piéce de deffous eft quarrée, ayant 5 à 6 pouces de chaque côté; elle eft divifée en deux fois 90 d. pour fervir à connoître la déclinaifon des Plans. La piéce de deffus eft ronde avec un petit index joint à la ligne de Midi, qui marque fur le dégré la déclinaifon des plans; elle eft environ de 4 lignes plus petite de chaque côté que la plaque quarrée qui eft deffous.

Il y a un Cadran Horifontal tracé du centre A fur la platine fupérieure pour l'élévation du Pôle du lieu où l'on veut s'en fervir. Le Style triangulaire B eft ajufté, de maniére que fon angle d'élévation de Pôle du lieu aboutiffe au centre, où l'on fait un petit trou pour y paffer une foie. On y joint une Bouffole D, avec fon aiguille aimantée, couverte d'un verre pour la garantir des injures du tems, & dans le fond de la Bouffole on trace une ligne qui marque la déclinaifon de l'aimant. Nous faifons auffi de ces Inftrumens, qui peuvent fervir pour différentes élévations de Pôle, & alors il faut que l'axe hauffe & baiffe; & nous traçons différens Cadrans, comme il fe verra en la Planche ci-après.

Ufage.

CEt Inftrument fert à tracer des Cadrans au Soleil fur toute forte de Plans, de telle fituation qu'ils puiffent être, comme déclinans, inclinés, ou l'un & l'autre tout enfemble, en la maniére qui fuit.

Tracez fur le Plan propofé une ligne horifontale ou de niveau, & mettez le long de cette ligne le côté du quadre, où eft écrit, *côté appliqué au mur.* Tournez le Cadran Horifontal, tant que l'aiguille aimantée s'arrête fur fa ligne de déclinaifon; étendez la foie au long de l'axe jufqu'à ce qu'elle rencontre le plan en un point, qui fera le centre du Cadran. Eten-

dez enſuite la ſoie ſur toutes les lignes horaires que le plan pourra recevoir, & marquez autant de points ſur la ligne Horiſontale ou de niveau, par leſquels vous conduirez du centre les lignes des heures, en y marquant les mêmes chifres qu'à celles du Cadran horiſontal. Si le Cadran eſt vertical ſans inclinaiſon, la ligne de 12 h. ſera perpendiculaire ſur la ligne horiſontale du plan, en la faiſant tomber du centre du Cadran par le moyen d'un fil avec ſon plomb.

La Souſtylaire ſe tracera par le centre & par un point de l'angle droit d'un côté d'une équerre mis ſur la ligne de niveau, l'autre côté touchant l'axe. Cette diſtance du côté de l'équerre poſée au mur juſqu'à l'axe, eſt la longueur du Style droit, lequel étant couché au même lieu à angles droits ſur la Souſtylaire, vous tirerez du centre par ſon extrémité, l'axe que vous formerez ſur le Plan par le moyen d'une verge de fer, parallèle à la ſituation de la ſoie étendue le long de l'axe du Cadran Horiſontal, & ſoutenue par quelque appui planté dans le mur perpendiculairement à la Souſtylaire.

Si l'on ne vouloit qu'un Style droit, on choiſiroit ſur la Souſtylaire un point éloigné du centre à proportion de la grandeur du Cadran, pour y planter une verge de fer perpendiculaire; mais il faut que ſa pointe ne paſſe pas la ſoie tendue le long de l'axe.

Enfin vous donnerez à votre Cadran telle figure que vous jugerez à propos, & vous prolongerez les lignes horaires autant qu'il ſera beſoin, ſuivant la grandeur de votre plan.

On peut éloigner l'Inſtrument du mur pour y tracer de grands Cadrans, mais il faut qu'il ſoit toujours poſé bien parallélement & de niveau.

Pour les Cadrans ſeptentrionaux, ayant trouvé la déclinaiſon du plan, comme de 45 d. du Septentrion à l'Occident, placez l'index du Cadran ſur la déclinaiſon oppoſée, c'eſt-à-dire, du Midi à l'Orient; renverſez enſuite l'Inſtrument ſans deſſus-deſſous; étendez la ſoie le long de l'axe, pour avoir le centre en bas au-deſſous de la ligne horiſontale, ſur laquelle ayant marqué les points des heures, vous les prolongerez juſqu'au centre, & ferez le reſte comme nous venons de le dire; alors la ligne de Midi ſera celle de minuit.

On ſe ſert encore fort utilement de ce Cadran Horiſontal pour en tracer ſur toute ſorte de ſurfaces réguliéres ou irréguliéres, même pendant la nuit en très-peu de tems & à la lumiére d'un flambeau (comme nous le dirons ci-après en parlant du Sciarere du P. Pardies) & l'on applique à ces Cadrans les Arcs des ſignes ou bien les Arcs diurnes de la maniére que nous l'enſeignerons dans l'uſage du Sciatére ſuivant, & ce par le moyen d'un Trigône qu'on appelle *Giroüette*, dont le centre répond au bout du Style droit ſur l'axe du Cadran.

On peut éviter les défauts que la courbure d'une ſoie, quelque bien tendue qu'on la ſuppoſe, cauſera toujours dans les Cadrans tracés ou par l'Horiſontal mobile, ou par quelque Sciatére que ce ſoit. Servez-vous donc de la méthode que nous vous propoſons. Faites un Cadran Horiſontal par le calcul de la Trigonométrie pour le lieu où vous êtes: Que ce Cadran ſoit tracé ſur un plan uni & ſpacieux. Suppoſons que le Cadran de la fig. 4. planche 27, ſoit tel que nous le diſons. Prenez la déclinaiſon du mur où

vous souhaittez en tracer un ; nous la supposons de 45 d. du Midi à l'Occident, (comme en la fig. 2. planche 28.) Faites sur le Cadran Horisontal le Quart-de-cercle M B H à volonté, du point B, pris sur la ligne de Midi vers le centre du Cadran. Comptez de M, paralléle à l'Equinoxiale vers H, les 45 d. de déclinaison du côté des heures d'après-Midi, si la déclinaison est à l'Occident ; & du côté de celles du matin, si elle est à l'Orient : tirez la ligne B 3, du point B par le point de 45 d. assez longue de part & d'autre de B, pour couper toutes les lignes horaires qui ne lui sont point paralléles. Ensuite faites sur le mur proposé une ligne à plomb, (comme A B fig. 2. planche 28) & la ligne de niveau D C ; le point d'interfection E de ces deux lignes sur le mur, répond à celui B sur le Cadran Horisontal. C'est pourquoi en transportant la ligne B 3 du Cadran Horisontal avec les divisions que les lignes horaires y marquent sur la ligne D C sur le mur, observant de faire convenir le point B de l'Horisontal avec celui E sur le mur ; & mettant les points des heures du matin à gauche sur le mur, & celles du soir à droite, on aura sur la ligne D C, tous les points des heures. On transportera cette ligne B 3, ou bien avec le compas, en prenant successivement toutes les intersections que les lignes horaires du Cadran Horisontal y font, ou bien en appliquant une régle sur cette ligne B 3 & marquant dessus tous les points d'intersection & le chisre des heures ; alors vous porterez cette régle ainsi divisée sur la ligne D C du mur, en observant de mettre le point de 12 h. sur le point E marqué sur le mur par l'intersection de deux lignes à plomb & de niveau.

Pour marquer le centre du Cadran sur le mur, prenez sur le Cadran Horisontal la distance de B en P, où l'axe de ce Cadran couperoit une ligne paralléle à K L, qui passeroit par B, & portez cette distance sur le mur de E en A sur la ligne de Midi vers le haut, si le Cadran ne décline pas du Septentrion. Ce point A sera le centre du Cadran, duquel par les points des heures marqués sur D C vous tirerez ces heures aussi loin qu'il vous plaira. Tirez sur le Cadran Horisontal du centre E sur la ligne de déclinaison B 3 une perpendiculaire, & prenez la distance du point où elle y tombera jusqu'au point B ; portez cette distance sur le mur de E vers C ou D, selon qu'il conviendra par rapport à la déclinaison à l'Orient ou à l'Occident comme ici en H, & vous aurez le pied du Style droit ; & la distance sur ce Cadran horisontal (du centre E au point où la ligne B 3 est coupée par sa perpendiculaire) sera la longueur du Style droit H I ou d'une verge élevée par le mur au point H, non toujours perpendiculairemement au mur, mais paralléllement à l'Horison. Si vous appuyez sur le bout du Style une verge de fer droite, qui aille toucher le mur au point A, cette verge sera l'axe du Cadran, qui marquera l'heure par toute sa longueur.

Si le mur n'étoit pas droit, mais gauchi, c'est-à-dire, tortueux, convéxe ou concave, comme on voit des surfaces de tours ou de grandes niches ; il faudroit y appliquer une régle, en prendre la déclinaison, & sur cette régle décrire les contours du mur, rapporter le tout sur & au long de la ligne de déclinaison B 3, le reste s'acheveroit comme on vient de le dire : il est à remarquer cependant que toutes les lignes horaires, hors celle de Midi ne seroient point droites : c'est pourquoi l'on aura soin d'appliquer une régle sur le bout du Style & le centre du Cadran, alors on borneyera la

long de cette ligne par chaque point d'heure marqué sur la ligne de niveau, & l'on suivra ce qu'on aura bornoyé avec un trait léger de crayon, ou bien on éclairera pendant la nuit cet axe du Cadran, de sorte que son ombre passera successivement sur chaque point d'heure marqué; ensuite on suivra l'ombre de cet axe avec un crayon jusqu'au centre d'un bout à l'autre du Cadran, pour avoir les lignes des heures à mesure qu'on les lui fera marquer.

Nous supposons que toutes ces surfaces, sur lesquelles on veut décrire des Cadrans, sont perpendiculaires à l'Horison; car si elles y étoient inclinées ou qu'elles en déclinassent, on auroit bien plutôt fait de se servir d'un Sciatere; & tel qu'il soit, le Cadran seroit toujours plus juste que par la régle & par le compas, &c. Aussi ne trace-t-on pas ces sortes de Cadrans pour la précision, mais par curiosité.

Construction du Sciatere.

XXX *Planche* Fig. 4. LE Sciatere est un Instrument composé du cercle Equinoxial A, fait de cuivre ou de quelqu'autre matiére solide, monté sur le Quart-de-cercle B. Le point de Midi de l'Equinoxial est attaché à un des bouts du Quart-de-cercle, & une petite broche d'acier ronde d'une à deux lignes de diamétre (qui sert d'axe & passe par le centre de l'Equinoxial) tient à l'autre extrémité du Quart-de-cercle, de sorte que l'Equinoxial & le Quart-de-cercle sont fixément attachés ensemble à angles droits. Le Quart-de-cercle est divisé en 90 d., & le cercle Equinoxial en heures & demi-heures par les méthodes expliquées ci-devant. La piéce G est d'une épaisseur propre à contenir par le haut une coulisse qui entre des deux côtés dans une rainure, qui est au bord extérieur du Quart-de-cercle, pour hausser ou baisser l'Equinoxial suivant la hauteur du Pôle. Une petite boule est attachée au bout d'une soie, arrêtée sur l'Instrument par son autre bout au haut d'une ligne perpendiculaire, qui y est tracée & pendant librement le long de cette ligne : Elle sert pour placer la machine à plomb par le moyen du genou H, qui tient à la piéce G, servant à tourner l'Instrument en tout sens. Le genou est rivé à une branche, dont le bout est d'acier, que l'on enfonce dans le mur pour tenir ferme toute la machine, quand on veut la mettre en usage.

Le Trigône des signes D est passé dans l'axe & tourne autour du Cadran par le moyen d'une virole. Il y a une soie attachée au sommet du Trigône, & une autre au centre du Cadran. On ne place le Trigône que quand on veut tracer les arcs des signes sur les Cadrans.

Usage.

IL faut d'abord enfoncer dans le mur la pointe d'acier attachée au pied de l'Instrument, à l'endroit où l'on veut faire un Cadran & mettre le dégré de l'élévation du Pôle du lieu compté sur le Quart-de-cercle, vis-à-vis d'un trait à plomb marqué sur la coulisse, c'est-à-dire, vis-à-vis la ligne perpendiculaire, dont nous venons de parler.

Il faut aussi avoir une Boussole quarrée, que vous poserez au long du plan du Quart-de-cercle, & vous tournerez la machine jusqu'à ce que l'ai-
guille

guille aimantée soit arrêtée justement sur la ligne de déclinaison : ou bien sans Boussole, si le Soleil luit, & que vous sçachiez l'heure qu'il est, tournez la machine de sorte que l'axe qui traverse l'Equinoxial, marque précisément l'heure sur le cercle des heures. L'Instrument étant ainsi disposé, étendez la soie E, qui part du centre, tout au long de l'axe jusqu'à la rencontre du plan proposé, pour y marquer un point, qui sera le centre du Cadran ; puis rasant les heures les unes après les autres avec la même soie, prolongée jusqu'au mur, marquez-y autant de points que vous pourrez ; & par ces points tracez les lignes horaires jusqu'au centre du Cadran, où elles se doivent rencontrer. Donnez telle figure qu'il vous plaira à ce Cadran, & placez-y les mêmes chifres que ceux des heures de l'Equinoxial.

Le Style se posera de la maniére qui vient d'être expliquée en parlant du Cadran Horisontal mobile.

Pour tracer les Arcs des signes ou les Arcs diurnes, faites entrer l'axe dans la virole, qui est à l'extrémité du Trigône, que vous ferez tourner sur toutes les heures les unes après les autres, en l'arrêtant avec la vis ; puis étendant la soie F le long des lignes, qui appartiennent à chaque signe pour marquer autant de points sur chaque ligne horaire du mur ; ensuite vous tracerez des lignes courbes de point en point, qui formeront les Arcs des signes, sur lesquelles lignes vous marquerez les caractéres convenables.

On peut encore tracer les Arcs des signes de cette maniére : L'axe du Cadran étant bien affermi, choisissez un point sur ledit axe pour l'extrémité du Style droit, qui représente le centre de la terre ; faites entrer cet axe dans la virole de votre Trigône, en sorte que le point choisi pour l'extrémité du Style droit convienne exactement avec le sommet du Trigône qui représente le centre de l'Equateur & du monde, & ayant arrêté le Trigône par le moyen de la vis qui pressera sur l'axe, faites-le tourner de sorte qu'un de ces plans (car ils doivent être marqués également) se trouve exactement sur les lignes horaires ; étendez la soie F le long des rayons des signes du Trigône, & marquez autant de points sur chaque ligne horaire les uns après les autres. Joignez ces points par des lignes courbes, qui représenteront les Arcs des signes. Enfin vous mettrez un bouton ou petit Soleil à ce point de l'axe, lequel par son ombre marquera sur le Cadran les paralléles des signes ou des arcs diurnes, pendant que l'axe entier fera ombre sur les lignes des heures.

S'il s'agit de tracer un Cadran Septentrional, faites la même chose, excepté que l'opération se fera en-dessous, afin que le centre soit en bas, & retranchez les heures qui sont à supprimer.

On fait les mêmes opérations pour tracer les Cadrans sur les plans inclinés & déclinans.

Construction d'un Sciatére inventé par le P. Pardies Jésuite.

CEt Instrument se fait de cuivre ou autre matiére solide, d'une grandeur arbitraire. Il est composé de quatre principales piéces ; la premiére est une plaque quarrée bien dressée marquée D, que l'on nomme *Plan Horisontal*, parce que dans l'usage il doit etre mis horisontalement ou de niveau. Fig. 5

Il y a au milieu de ce Plan un trou rond, dans lequel est un pivot à l'en-

droit marqué E, sur lequel doit tourner la seconde piéce, que l'on nomme *Plan Méridional*, de sorte qu'il demeure toujours à angles droits avec le Plan Horisontal. Au côté & sur l'épaisseur du Plan méridional est un plomb suspendu en C, qui sert à placer l'Instrument de niveau. Le haut de cette piéce est taillé en Quart-de-cercle concave, qui se divise en 90 d. en commençant à la perpendiculaire, qui répond au milieu du pivot. Cette piéce est fendue par le milieu de son épaisseur pour recevoir la troisiéme piéce, qui est un demi-cercle, autour duquel on a réservé une partie excédente, pour entrer dans la fente du Quart-de-cercle, & qui par ce moyen s'engage dans le Quart-de-cercle, avec lequel il fait un même Plan méridional, de maniére qu'il peut tourner en s'inclinant ou se dressant tant que l'on veut, selon les différentes élevations de Pôle. Le diamétre de ce demi-cercle s'appelle l'*axe*, & son centre s'appelle simplément *le centre* de l'Instrument, comme le filet qui en sort s'appelle *le filet du centre*.

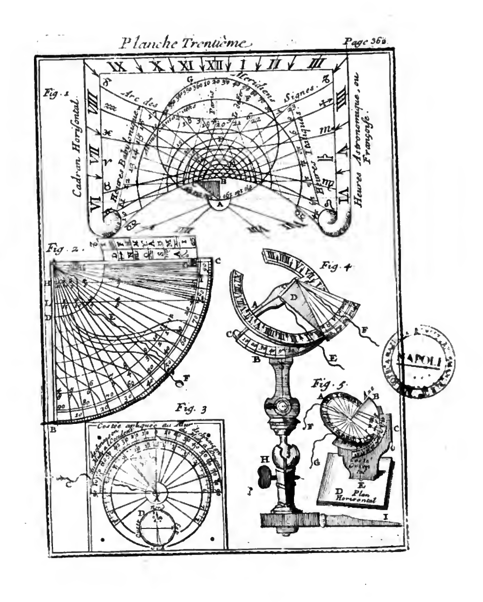
La quatriéme piéce marquée A, est un cercle de même matiére, bien dressé & d'égale épaisseur : il est divisé en 24 parties égales de côté & d'autre pour les 24 h. du jour, dont chacune se peut subdiviser en deux ou en quatre, comme étant un *Cadran Equinoxial*. Ce cercle est tellement engagé avec le demi-cercle par des entailles, faites moitié dans l'un & moitié dans l'autre, qu'il fait toujours avec lui des angles droits en toutes ses différentes situations; l'une des faces de ce cercle se nomme *supérieure*, & l'autre *inferieure*.

On trace de part & d'autre sur le demi-cercle le Trigône des signes, dont le sommet est le point A, extrémité du diamétre du cercle Equinoxial, de la maniére que nous l'avons ci-devant expliquée. En marquant sur les rayons les caractéres des signes, & divisant par la même méthode chaque espace en trois, on y pourra graver les premiéres lettres des mois dans les places qui leur conviennent à peu près, en supposant que l'entrée du Soleil en chaque signe se fait le 20[me] jour des mois. On en met 6 sur le côté oriental, & 6 sur l'occidental, car chaque ligne est toujours pour deux signes. Le Tropique de *Cancer* se marque en bas, & celui du Capricorne en haut, de même que sur les Cadrans Verticaux. Quant à la maniére de tracer les heures, les dégrés & les signes, elle est la même que nous avons expliquée ci-devant.

Usage.

APrès avoir mis les points d'*Aries* & de *Libra* du demi-cercle & le plan du cercle Equinoxial sur le dégré de l'élévation du Pôle du pays où l'on veut faire le Cadran, placez la Machine sur un Plan stable & horisontal, vis-à-vis du mur ou autre surface préparée pour y tracer un Cadran.

Tournez-la de sorte que l'ombre du bord du cercle Equinoxial rencontre sur l'axe le jour du mois, ou le dégré du signe où est pour lors le Soleil ; cela étant, l'ombre du diamétre du demi-cercle, qui sert d'axe, marquera l'heure présente, & alors toute la Machine sera bien située. Le Plan méridional répondra au Méridien du ciel ; le cercle Equinoxial sera paralléle à l'Equateur celeste, & l'axe du Cadran à l'axe du monde.


Fig. 1
Cadran Horisontal
Heures Babyloniques
Arc des Meridiens
Signes
Heures Italiques
Heures Astronomique, ou Françoise
Fig. 2.
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
D Plan Horisontal

Tendez la ſoie qui part du centre le long de l'axe juſqu'à la rencontre du mur, ſoit en haut vers le Pôle Arctique, ſoit en bas vers l'Antarctique; & le point où le filet rencontrera le mur ſera le centre du Cadran. Ce filet ainſi tendu marquera la poſition du Style ou axe; car ſi l'on met une verge de fer au même endroit & dans la même ſituation, l'heure ſera marquée par une ombre étendue, étant cauſée par la longueur de la verge. Si l'on ne veut mettre qu'un Style droit, il n'y aura qu'à planter une verge dans le mur, dont le bout vienne toucher la ſoie tendue au long de l'axe. On peut donner à cette verge la figure que l'on voudra, comme d'un ſerpent ou d'un oiſeau, pourvû que l'extrémité de ſon bec rencontre ladite ſoie; de cette maniére l'heure ne ſera marquée que par l'ombre de l'extrémité du Style.

Pour marquer les heures, étendez le filet du centre ſur le Plan du cercle Equinoxial tout le long des lignes horaires les unes après les autres, juſqu'à la rencontre du mur & marquez-y autant de points; tirez enſuite des lignes du centre par ces points, & vous aurez les lignes des heures.

On pourroit encore marquer les heures pendant la nuit avec la lumiére d'un flambeau ou d'une bougie. Le filet du centre étant étendu au long de l'axe & attaché au mur, tournez le flambeau de ſorte que l'ombre de l'axe marque l'heure ſur le cercle Equinoxial; alors l'ombre du même axe ou du filet tendu marquera ſur le mur la même heure, & il ne faudra que paſſer le crayon tout le long de cette ombre pour marquer la ligne horaire. Changez enſuite le flambeau de place, afin que l'ombre du filet marque une autre heure que vous tracerez de même, & ainſi de toutes les autres. Cette maniére eſt très-bonne, particuliérement lorſque le Plan n'eſt pas plat & uni, comme feroit la ſurface convéxe d'une tour ou la concavité d'une niche, ou que le centre du Cadran eſt trop éloigné.

Il eſt à remarquer que l'ombre de l'axe marque les heures ſur le Cadran ſupérieur, depuis le 21 de Mars juſqu'au 23 de Septembre, & ſur l'inférieur pendant les autres ſix mois. Il faut toujours que la ſurface du cercle dont on ſe doit ſervir (ſoit la ſupérieure ſoit l'inférieure) raſe & touche le centre du demi-cercle ſans le couvrir.

CHAPITRE V.

Conſtruction & uſages des Cadrans portatifs & autres.

Conſtruction du Globe.

CEtte figure repréſente un Globe ſur lequel ſont tracés les Méridiens ou cercles horaires. On en fait de différentes grandeurs; les grands ſont expoſés dans les jardins & ſe ſont de pierre ou de bois peint en huile; les petits ſe ſont de cuivre avec une Bouſſole & peuvent être mis au rang des Cadrans portatifs. XXXI. *Planche.* Fig. 1.

Pour bien arrondir une boule, de quelque matiére que ce puiſſe être, il faut la tourner au tour ſur pluſieurs centres; & pour ce faire on la poſe ſur un *Mandrin* quarré, qui eſt un Inſtrument de Tourneur fait de bois,

entre lequel on fait tenir les ouvrages délicats qui ne peuvent être tournés entre les pointes : ensuite on la tourne sur un sens ; puis on change le Mandrin & on l'applique à l'autre diamétre de ladite boule pour la tourner sur l'autre sens ; & répétant cela deux ou trois fois, on aura une boule parfaite, que l'on pourra examiner avec un compas sphérique.

Les grosses boules de pierre, qu'on ne peut mettre sur le tour à cause de leur poids, se font différemment. Après les avoir dégrossi au ciseau ayez un demi-cercle concave de bois ou de cuivre, de meme diamétre que la boule proposée à tailler ; faites tourner le demi-cercle tout autour de la boule, & ôtez avec une râpe tout ce qu'il y a de superflu, jusqu'à ce que le demi-cercle joigne par tout & en tout sens ; & ensuite vous l'adoucirez avec de la pierre ponce ou de la peau de chien-de-mer, &c.

Le globe étant ainsi bien arrondi & bien uni, il en faut prendre le diamétre avec un compas sphérique, c'est-à-dire, qui ait les pointes courbes. On ouvre ce compas jusqu'à ce qu'il embrasse exactement la plus grande grosseur du globe, & vous aurez son diamétre représenté par la ligne A B, qui est divisée en deux parties égales par le point d'interfection E, de la ligne verticale Z N, dont le point supérieur Z représente le Zénith, & le point inférieur N le Nadir. Ouvrez ledit compas, arrétez une de ses pointes en E, étendez l'autre jusqu'en A ; & de cette ouverture tracez le cercle Méridien A Z B N ; tracez de même du point Z, comme centre, le cercle A E B, qui représente l'Horison : du point B comptez vers C sur le Méridien la hauteur du Pôle, comme ici de 49 d : du même point B comptez au-dessous de l'Horison & sur le Méridien les dégrés du complément de l'élévation du Pôle, qui est ici 41 d. afin d'y tracer l'Equateur, en mettant une pointe du compas sphérique sur un des Pôles C ou D, comme centre, & l'autre sur le 90me d. du Méridien.

Mettez pareillement une des pointes du compas sphérique sur le 90me d. du Méridien où il est coupé par l'Equateur, & de la même ouverture tracez le cercle de 6 h. passant par les Pôles C & D ; par ce moyen l'Equateur se trouvera partagé en quatre parties égales par le Méridien & le cercle de 6 h. Divisez ensuite chacune de ces parties en 6, pour avoir les 24 h. du jour naturel, & par chacun de ces points de division, comme centre, tenant le compas toujours ouvert d'un quart-de-cercle, vous tracerez les cercles horaires passans tous par les Pôles du monde. Si vous voulez les demi-heures ou les quarts, vous partagerez chaque espace en deux ou en quatre. Les chifres des heures se gravent autour de l'Equateur, 12 h. au point E, 6 h. sur le Méridien dessus & dessous, & les autres de suite en deux fois 12.

Pour y marquer les paralléles des signes, comptez depuis l'Equateur sur le Méridien de part & d'autre, la déclinaison de chaque signe, suivant la Table marquée ci-devant, comme pour les deux Tropiques : Comptez depuis l'Equateur 23 d. 30 m : & des Pôles C & D, décrivez leurs cercles autour du globe. Pour les deux cercles Pôlaires, vous les tracerez à la distance de 23 d. 30 m. des Pôles, ou 66 d. 30 m. de l'Equateur.

Le globe ainsi préparé doit être placé sur un pied proportionné à sa grosseur dans un trou fait au Nadir marqué N, éloigné du Pôle du complément de son élévation ; c'est-à-dire, en cet exemple de 41 d. arrêté fixement & orienté conformément à la Sphére du monde, dans le lieu du jardin où le Soleil luit plus long-tems.

On peut faire aussi autour du pied de ce globe, qui sera de grosseur convenable, un cylindre dont toutes les lignes des signes & méme des heures, excepté celle de Midi, seront des courbes. On verra l'heure sur ce globe par l'interfection de l'ombre du cylindre avec le paralléle convenable : ou bien un cercle de cuivre ou de fer, qui environne le haut de ce cylindre à distance requise, servira de Style & marquera l'heure par l'intersection de son ombre avec celle du cylindre & avec le paralléle convenable du signe. Le P. Quenec Bénédictin en a fait un en marbre qu'il a placé dans le jardin de l'Abbaye de saint Germain des Prés à Paris. On trouve la construction de cet ouvrage des plus curieux dans le second volume des *Récréations Mathématiques* de Mr Ozanam.

Si c'est un petit globe portatif, on placera sur son pied une petite Boussole pour l'orienter, toutes les fois qu'on voudra s'en servir pour voir l'heure, que l'on y connoîtra sans Style, & ce par l'ombre du globe même; car l'ombre ou la lumiére occupe toujours la moitié de la convéxité de ce globe, tant que le Soleil l'éclaire, comme si c'étoit le globe de la terre. Ainsi la ligne de leur séparation étant une circonférence de grand cercle, marque l'heure en deux endroits diamétralement opposés. On pourroit orienter ce globe sans Boussole par le moyen des cercles décrits du Pôle Arctique dans l'enceinte du cercle Polaire voisin, par les dégrés de la déclinaison du Soleil, selon laquelle seroit divisé cet espace; car le tenant suspendu par le Zénith, & l'exposant au Soleil, jusqu'à ce que le bord de l'ombre du globe, qui est un grand cercle, touche exactement le petit cercle marquant la déclinaison courante du Soleil; pour lors cette ombre (que l'on peut appeller également *le bord de l'illumination*) marquera l'heure.

Si l'on dessinoit sur le globe les différens pays qui sont sur la surface de la terre, avec les principales villes, suivant leurs Longitude & Latitude, on y verroit à chaque moment, par la moitié illuminée du globe, quels sont les endroits de la terre qui sont éclairés du Soleil, & quels sont ceux qui sont dans l'obscurité. L'extrémité de l'ombre feroit connoître les pays où le Soleil se leve & ceux où il se couche; ceux qui ont les longs jours, & ceux qui ont les longues nuits. On y distingueroit vers les Pôles les endroits qui ont une nuit perpétuelle, & ceux qui ont le jour sans interruption. Le tout est aisé à comprendre pour ceux qui ont l'intelligence de la Sphére. Ce Cadran est le plus naturel de tous, puisqu'il ressemble à la terre, & qu'il est éclairé comme elle.

On peut encore connoître l'heure sur le globe par le moyen d'un demi-cercle de cuivre mince, divisé en deux fois 90 d. qu'on ajuste par le moyen de deux petites viroles aux deux pôles ou aux deux extrémités de l'axe. Ce demi-cercle que l'on fait tourner avec la main autour du globe, jusqu'à ce qu'il n'y fasse qu'une ombre perpendiculaire, représente le cercle horaire où est pour lors le Soleil, & par conséquent indique l'heure presente.

Ce demi-cercle étant tourné directement vers le Soleil, & ne faisant point d'ombre à ses côtés, montrera sous son épaisseur tous les lieux de la terre où il est Midi.

Mais en ce cas, 12 h. doivent être marquées sur le Méridien, & 6 h. aux deux points où l'Equateur coupe l'Horison. Ce qui fait qu'on met ordinairement deux rangs d'heures, comme la figure le marque. Ainsi au

même point E, qui est le point oriental du globe, on marque, par exemple, 12 h. & 6 h. à deux fins; car le chifre de 12 h. sert quand on veut avoir égard à l'heure marquée par l'ombre du globe qui marque Midi en cet endroit, & le chifre de 6 h. (qui est là dans sa place naturelle) y sert quand on veut que l'heure soit marquée par l'ombre du demi-cercle mobile. Les autres chifres des heures suivent l'ordre de ces premiers.

Si l'on fait sortir hors des Pôles du globe deux bouts d'axe, & que les heures soient marquées sur les cercles Polaires, ces bouts d'axe serviront à connoître l'heure; sçavoir le supérieur pendant les longs jours, & l'inférieur pendant les courts jours.

On rend les petits globes portatifs, universels, en y ajustant un Quart-de-cercle au-dessous, pour faire couler le pied suivant l'élévation du Pôle du lieu; cela est facile à entendre.

Il y a encore beaucoup d'autres usages qui se peuvent pratiquer avec le globe, dont nous ne parlerons point ici, les ayant suffisamment expliqués dans le Livre qui traite de cette matiére.

Construction & usages du Demi-cylindre concave & convéxe.

Fig. 2. CE Cadran se fait de différentes grosseurs; les petits se font de cuivre, & les grands de pierre ou de bois. Il est fort curieux, en ce qu'il marque les heures sans Style. Sa justesse consiste en ce qu'il soit bien arrondi & bien uni en-dedans comme en-dehors; c'est à quoi il faut bien s'appliquer pour le rendre régulier.

Il est monté & attaché sur son pied & incliné, comme l'axe du monde, sur l'Horison & tourné droit au Midi, & par conséquent les lignes des heures & les vives-arrétes, qui servent de Style, sont toutes paralléles à l'axe du monde.

Le cylindre convéxe entier se divise en 24 parties égales, ou deux fois 12 h. par des lignes paralléles. Le demi-cylindre concave faisant un demi-cercle, se divise en 6 parties égales, qui servent depuis 6 h. du matin jusqu'à 6 h. du soir. Le Soleil éclairant la moitié du cylindre convéxe, comme il éclaire la moitié du globe, il y marque l'heure par le defaut de lumiére, c'est-à-dire, par une ligne qui termine la lumiére & la sépare de l'ombre.

Au cylindre concave l'heure est marquée par une des vives-arrétes qui sert d'axe, de sorte que le matin, lorsque le Soleil est parvenu au cercle de 6 h. la vive-arréte, qui est du côté de l'Orient, jette son ombre sur l'arréte opposée, & y marque 6 h. & à mesure que le Soleil s'éleve sur l'Horison, l'ombre descend & marque l'heure; les heures du matin sont marquées vers le haut du cylindre, & celles d'après-Midi vers le bas. Lorsque le Soleil est arrivé au Méridien, il regarde en face le Cadran, & pour lors il n'y a point d'ombre. Lorsque le Soleil descend vers la partie Occidentale, la plus vive-arréte qui est du même côté, jette son ombre dans la partie opposée, & marque les heures d'après-midi jusqu'à 6 h. du soir sur la partie inférieure du cylindre. Si l'on veut les demi-heures & les quarts, il n'y a qu'à doubler les divisions. Aux petits Cadrans on met une Boussole au pied pour les orienter.

Les niches que l'on fait dans les bâtimens, pour y placer des figures, sont des demi-cylindres concaves perpendiculaires, dans lesquels on trace

quelquefois des Cadrans. On fait ces fortes de Cadrans comme il eft encore marqué dans les *Récréations Mathématiques* de Mr Ozanam page 89, à la réferve qu'il faut reculer la ligne de Midi du milieu du cylindre vers les côtés à proportion que le mur décline, de forte que fi le mur regardoit directement l'Orient, une vive-arrête du cylindre concave feroit la ligne de Midi, & il ne refteroit plus que les heures du matin décrites dans la concavité du cylindre fans aucun changement dans les diftances des heures entre elles ; le Style étant fuppofé au centre dudit cylindre. Tel eft celui qu'on voit dans une des niches de la cour du vieux Louvre à Paris.

Cependant fi l'on vouloit que la ligne de Midi fe trouvât précifément au milieu ou de la convéxité d'une colonne appliquée à un mur, ou de la concavité cylindrique d'une niche prife dans un mur déclinant (comme on voit dans les deux Cadrans de l'Hôtel de Condé) on ne pourroit fe fervir ni de l'ombre du cylindre convéxe, pour tracer l'heure fur le mur ou la connoître, ni d'un Style, dont le bout répond au centre de la concavité de la niche. Par conféquent ce ne feroit plus un Cadran cylindrique exactement parlant ; il n'y auroit pas de moyen plus court & plus précis pour tracer de pareils Cadrans que de fe fervir d'un des Sciatéres, dont nous avons parlé ci-deffus, ou de la méthode que nous avons propofée en parlant *du Cadran Horifontal mobile*. Ces Cadrans ne doivent plus être confidérés comme des cylindriques, mais des irréguliers, dont la feule ligne de Midi fera droite, toutes les autres feront courbes : on y marquera les Arcs diurnes & des fignes au moyen d'un Trigône en girouette, comme nous l'avons dit ci-devant. Quand tout y eft marqué, on efface le centre, & les parties de lignes qui ne font pas des lignes comprifes entre les deux Tropiques ; on ne laiffe que le bout du Style lequel ne répond plus au centre de la niche.

Les bornes étroites que nous nous fommes prefcrites ici, ne nous permettent pas de donner une maniére affez jufte de tracer un Cadran fur un plan dévelopé de cylindre convéxe ou concave déclinant, par les Verticaux & les hauteurs du Soleil. Il faut beaucoup de difcours pour l'expliquer, & encore plus de patience pour l'exécuter.

Du Cylindre Vertical mobile.

CEtte figure repréfente un Cadran Vertical, tracé fur un Plan dévelopé qui eft la furface convéxe d'un Cylindre, par le moyen de la Table des hauteurs du Soleil fur l'Horifon à toutes les heures du jour pour la Latitude du lieu où l'on veut conftruire le Cylindre & de 10 en 10 d. de chaque figne. Fig. 31.

La Table ci-jointe eft calculée pour 49 d. de Latitude ou d'élévation de Pôle, qui peut fervir dans la conftruction de ces Cadrans pour Paris & pour les lieux qui ont même élévation ou à peu près.

Nous donnerons ci-après, en parlant du Cadran Azimutal & de l'Analemmatique, une méthode très-facile pour dreffer ces Tables pour différentes Latitudes, & pour y marquer les demies & quarts-d'heure.

Table des hauteurs du Soleil dans toutes les heures du jour pour la Latitude de 49 d. & de 10 en 10 d. de chaque signe.

Heur.	XII.		XI. I.		X. II.		IX. III.		VIII. IV.		VII. V.		VI. VI.		V. VII.		He.
Signes.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	Sig.
♋	64	30	61	56	55	19	46	35	37	1	27	10	17	30	8	21	♋
10	64	5	61	33	55	1	46	18	36	42	26	54	17	10	8	4	20
20	63	2	60	31	54	4	45	28	35	5	26	6	16	20	7	12	10
♌	61	12	58	49	52	34	44	7	34	39	24	50	15	6	5	50	♊
10	58	48	56	30	50	29	42	14	32	53	23	6	13	20	3	57	20
20	55	52	53	42	47	57	39	55	30	41	20	57	11	11	1	40	10
♍	52	30	50	30	45	1	37	14	28	10	18	28	8	40	.	.	♉
10	48	51	46	48	41	44	34	13	25	19	15	43	5	54	.	.	20
20	44	58	43	12	38	15	31	0	22	18	12	48	2	59	.	.	10
♎	41	0	39	20	34	37	27	38	19	9	9	47	.	.	.	.	
10	37	2	35	26	30	58	24	15	15	58	6	42	.	.	.	.	20
20	33	9	31	40	27	24	20	55	12	51	3	44	.	.	.	.	10
♏	29	30	28	4	23	58	17	42	9	50	0	54	.	.	.	.	♓
10	26	8	24	46	20	51	14	45	7	6	.	.	.	.	.	.	20
20	23	12	21	52	18	5	12	12	4	43	.	.	.	.	.	.	10
♐	20	48	19	30	15	48	10	3	2	42	.	.	.	.	.	.	♒
10	18	48	17	44	14	6	8	27	1	13	.	.	.	.	.	.	20
20	17	52	16	38	13	3	7	27	0	19	.	.	.	.	.	.	10
30	17	30	15	15	12	42	7	8									♑

Construction & usage du Cadran Vertical sur un plan développé.

Decrivez sur une plaque de cuivre ou sur une feuille de papier ou de carton le Parallélogramme rectangle A B C D, dont la largeur A B, ou C D, est à peu près égale à la circonférence du Cylindre, prolongez la ligne A B, pour y marquer la longueur du Style A E, qui déterminera la hauteur du Cylindre Du point E, comme centre & pour rayon E A, faites un arc égal à la hauteur du Soleil à Midi dans le plus long jour d'Esté. Tirez la ligne occulte E D, qui donnera la hauteur du Cylindre A D. Mais si cette longueur étoit donnée pour déterminer la longueur du Style; du point D, comme centre, vous feriez sur A D un arc égal au complément de la plus grande hauteur Méridienne du Soleil sur l'Horison du lieu proposé. Si cette plus grande hauteur est de 64 d. 30 m., son complément sera 25 d. 30 m. Tirez la ligne occulte D E, qui déterminera la longueur du Style E A, proportionnée à la hauteur du Cylindre. (Fig. 3.)

Divisez ensuite l'arc A F en dégrés & minutes; & du point E tirez des lignes

lignes occultes par tous les dégrés de l'arc de cercle jusqu'à la ligne A D, pour en faire l'Echelle des hauteurs, qui contiendra les tangentes de tous ces arcs. Cette échelle se pourra encore marquer par les nombres qui leur conviennent dans les Tables des sinus, en supposant le rayon A E de 100 parties égales ou de 1000, selon la grandeur du Cylindre.

Les choses étant ainsi préparées, divisez la largeur A B C D en 6 parties égales pour les 12 signes : par chaque point de division tirez autant de lignes paralléles, qui représenteront les commencemens des signes du Zodiaque ; subdivisez encore chaque espace en 3 parties égales, afin d'y pouvoir marquer les dégrés de 10 en 10, & par même moyen les commencemens des mois, parce qu'en ces sortes de Cadrans il n'y a pas d'erreur sensible de fixer l'entrée du Soleil en chaque signe au 20 de chaque mois.

Pour marquer les points des heures sur toutes ces lignes les unes après les autres, servez-vous de la Table des hauteurs du Soleil sur l'Horison du lieu ; comme pour marquer 10 h. du matin ou 2 h. après-Midi sur la ligne A D, qui représente le Tropique de *Cancer*.

Vous trouverez dans la Table que le Soleil est élevé sur l'Horison de Paris de 55 d. 19 m. C'est pourquoi vous prendrez avec un compas sur l'échelle des hauteurs A D, la tangente de pareil nombre de dég. & min. ; & cette ouverture étant transportée sur ledit Tropique, vous y ferez un point par où doit passer la ligne horaire proposée. Pour marquer la même heure sur un autre paralléle (comme sur celui du commencement du Lion ou de la fin des Gémeaux) vous verrez dans la Table que la hauteur du Soleil en ce tems-là est de 52 d. 34 m. dont vous prendrez la tangente sur l'échelle des hauteurs, & la marquerez sur ledit paralléle en comptant toujours depuis le haut du Cylindre, c'est-à-dire, en mettant une pointe du compas sur la ligne A B. Vous en ferez de même sur tous les autres paralléles, & même sur leurs divisions de 10 en 10 dégrés, & par tous ces points vous tracerez la ligne horaire courbe de 10 h. du matin, & de 2 h. après-Midi.

Vous en ferez de même pour toutes les autres lignes horaires ; vous joindrez, le mieux qu'il vous sera possible, par des lignes courbes, tous les points qui appartiennent à une même heure, & marquerez les caractéres des signes & les premiéres lettres des mois, comme aussi les chifres des heures, chacun en leur place, comme la figure le montre, alors le Cadran sera achevé.

Vous contournerez ensuite ce Parallélogramme autour du cylindre, en sorte que les lignes qui représentent les deux Tropiques, soient bien paralléles entre elles.

On peut tracer de même les signes & les heures sur les corps mêmes des Cylindres, en traçant les lignes sur le corps rond de même que si c'étoit sur un Plan.

Le Style est attaché à un chapiteau, qui sert d'ornement. Ce Style doit faire l'Equerre avec le Cylindre & il doit être mobile sur la ligne A B, afin de pouvoir le placer sur le dégré du signe ou sur le jour du mois courant.

Ce Cadran étant posé perpendiculairement ou suspendu par un anneau, tournez-le vis-à-vis le Soleil, jusqu'à ce que l'ombre du Style tombe à plomb sur le paralléle du jour ; alors son extrémité marquera l'heure, ou partie de l'heure présente.

On peut encore par cet Inſtrument connoître à toute heure la hauteur du Soleil. Pour cet effet poſez le Style ſur l'échelle des hauteurs, tenez le Cylindre ſuſpendu ou placé horiſontalement, tournez-le de ſorte que le Style ſoit vers le Soleil, pour lors l'extrémité de ſon ombre perpendiculaire marquera la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon.

Fig. 3. Ce Parallélogramme peut ſervir auſſi de Cadran ſans être contourné ſur un cylindre, en ajuſtant le Style de maniére qu'il puiſſe couler au long de la ligne A B & s'arrêter ſur le paralléle du ſigne ou du jour du mois. Il n'y a qu'à faire une petite fente au haut de la Platine & applatir le pied du Style de maniére qu'il puiſſe couler dans cette fente ſans changer de longueur.

Pour s'en ſervir il faut que ſon plan ſoit bien perpendiculaire, & que la ligne A B ſoit bien de niveau, ce que l'on fait aiſément par le moyen d'un petit plomb dont la ſoie eſt attachée ſur un côté de la platine. Le tenant ainſi d'une main ou ſuſpendu par un anneau, on l'expoſe directement au Soleil, de ſorte que l'ombre du Style ſoit étendue ſur la ligne qui repréſente le paralléle du ſigne ou du mois; & alors ſon extrémité marquera l'heure.

Conſtruction d'un Cadran portatif tracé ſur un Quart-de-cercle.

XXX Planche. Fig. 2. CEtte Figure repréſente un *Cadran portatif*, tracé ſur un Quart-de-cercle, & qui ſe fait, auſſi-bien que le cylindre, par le moyen de la Table des hauteurs du Soleil, calculée pour la Latitude du lieu.

Après avoir diviſé en dégrés la circonférence B C du Quart-de-cercle, du centre A tracez une autre circonférence joignant cette diviſion pour repréſenter le Tropique d'Eſté; diviſez à peu-près en trois parties égales le rayon A B; & de l'ouverture A D tracez un arc de cercle pour le Tropique d'Hiver; diviſez l'eſpace D B en 6 parties égales, & du centre A décrivez autant de portions de cercle qui repréſenteront les paralléles des autres ſignes, comme ils ſont marqués ſur le côté A C de ladite figure.

Les heures ſe tracent par des lignes courbes en la maniére ſuivante. Pour trouver, par exemple, le point de Midi ſur le Tropique d'Eſté, ayant trouvé dans la Table que la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon de Paris eſt en ce tems-là de 64 d. 29 m. ſervez-vous d'un filet que vous aurez attaché au centre, ou d'une régle étendue juſqu'à ce nombre de dégrés & minutes gravés ſur la circonférence extérieure, & marqués ſur le Tropique d'Eſté le point de Midi: cherchez enſuite dans ladite Table la hauteur du Soleil à Midi, lorſqu'il eſt à la fin des Gemeaux ou au commencement du Lion; & ayant trouvé 61 d. 12 m., étendez la régle depuis le centre juſqu'à la circonférence ſur pareil nombre de dégrés & minutes, & marquez le point de Midi ſur ce paralléle qui ſert pour ces deux ſignes.

Faites-en de même pour tous les autres paralléles des ſignes, & même pour leurs parties, de 10 en 10 d., ſi le Quart-de-cercle eſt aſſez grand. Joignez tous ces points de Midi par une ligne courbe, depuis un Tropique juſqu'à l'autre, & vous aurez la ligne de 12 h. Faites-en de même pour toutes les autres heures, ajoûtez deux pinules percées d'un petit trou ſur le rayon A C, & le Cadran ſera achevé.

Usage.

Elevez l'Instrument vers le Soleil, en sorte que son rayon entre par les trous des deux pinules G ; ou si au lieu de pinules il n'y avoit qu'une petite pointe au centre A, faites que son ombre soit directement au long de la ligne A C. Pour lors le filet du centre pendant librement avec son plomb & rasant le Plan du Quart-de-cercle, y montrera l'heure à lendroit où il coupera le paralléle du jour courant.

Vous pourrez aussi passer dans le filet du plomb une petite perle ou tête d'épingle ; en ce cas étendez le filet du centre, & arrêtez la petite perle sur le dégré du signe ou sur le jour du mois ; & le rayon du Soleil entrant par les pinules, le filet & la perle raseront le Plan & indiqueront l'heure présente.

Construction d'un Cadran Rectiligne particulier.

Ce *Cadran* que nous appellons *particulier*, à cause qu'il ne sert que pour une élévation de Pôle ou Latitude déterminée, se fait sur une platine bien droite de laiton ou d'autre métail, grande environ comme une carte à jouer & épaisse comme un liard. XXXI *Planche* Fig. 4.

Pour le construire, tirez premiérement les deux lignes droites A B, C D, se croisantes à angles droits au point E, duquel comme centre & du rayon E C décrivez le cercle C B D, divisez-le en 24 parties égales, commençant du point D ou C ; par les divisions également distantes de D & C, tirez les lignes horaires, qui seront paralléles entre elles & à la ligne A B : D R sera pour Midi, E B pour 6 h. C M pour minuit ; formez le Parallélogramme rectangle P M Q R. Du point de Midi D faites sur la ligne C D un arc égal à l'élévation du Pôle, comme ici de 49 d. ; par l'extrémité de cet arc & par le point D tirez la ligne occulte qui représentera le rayon de l'Equateur, & qui servira à former le Trigône des signes, dont le sommet sera le point D.

Prolongez l'heure du lever du Soleil au plus long jour d'Esté, qui est ici 4 h. Prolongez aussi la ligne de 6 h. jusqu'à ce qu'elle rencontre le rayon de l'Equateur en un point qui sera le centre d'un cercle, dont le diamétre sera perpendiculaire audit rayon & terminé par l'intersection de la ligne de 4 h. du matin. De ce centre & de l'ouverture de son demi-diamétre décrivez un cercle, que vous diviserez (comme nous l'avons expliqué chap. III. de ce Livre) en 12 parties égales, pour former le Trigône des signes. Les deux Tropiques seront aux extrémités de ce diamétre, faisant avec le rayon de l'Equateur chacun un angle de 23 d. 30 m. dont le sommet est le point D. Le Tropique d'Esté doit être dans la partie inférieure, & celui d'Hiver dans la partie supérieure, comme on le voit par la Figure. Faites une petite fente au long de ce diamétre, & faites-y couler une espéce de *curseur*, c'est-à-dire une petite piéce de cuivre qui sert de coulisse percée au milieu, pour y passer un filet qui porte un plomb, dans lequel vous passerez une petite perle ou tete d'épingle, ensuite vous placerez deux pinules aux extrémités de la ligne P Q.

Usage.

FAites couler le petit curseur & arrêtez le trou qui porte la soie sur le dégré du signe ou sur le jour du mois courant; faites aussi couler la petite perle ou tête d'épingle au long de la soie, jusqu'à ce qu'elle soit sur le point de 12 h.; exposez au Soleil la pinule P, & haussez ou baissez le Cadran jusqu'à ce que le rayon du Soleil passe par les deux pinules, & que la soie du plomb rase le Plan. L'endroit des heures où s'arrêtera la perle, marquera l'heure présente.

Construction d'un Cadran Rectiligne universel.

Fig. 5. CE Cadran peut servir pour toutes les différentes Latitudes ou élévations de Pôle. Il se fait sur une platine de cuivre ou d'autre matiére solide bien unie, grande à volonté & épaisse à proportion.

Pour le construire tirez les lignes A B, C D, s'entre-coupantes à angles droits au point E, duquel comme centre décrivez le Quart-de-cercle A F, & le divisez en 90 d. Du point E faites un Triangle des signes suivant la méthode expliquée au Chap. II. Divisez chaque signe de 10 en 10 d. & placez les premiéres lettres des mois aux endroits qui leur conviennent en supposant (comme nous avons déja dit) l'entrée du Soleil en chaque signe le 20 des mois; par exemple son entrée en ♈, le 20 de Mars; son entrée dans le ♉, le 20 d'Avril, & ainsi de suite; ce qui se peut faire sans erreur sensible sur un si petit Instrument. Tirez ensuite du centre E par les divisions du Quart-de-cercle des signes ponctuées jusqu'à la ligne A G pour la diviser en des points, desquels vous menerez des paralléles à la ligne A B, qui seront les différentes Latitudes ou hauteurs de Pôle, que vous tracerez seulement entre les deux Tropiques de 5 en 5 d. Du point B portez de part & d'autre sur la ligne B H les divisions des signes pris au grand Triangle sur la Latitude de 45 d., pour y faire la représentation d'un autre Zodiaque.

Pour tracer les lignes horaires sur ce Cadran, tirez par les divisions du Quart-de-cercle A F de 15 en 15 d., des lignes paralléles à E D, qui est la ligne de 6 h; le point A est pour Minuit. Transportez avec un compas les mêmes distances depuis la ligne E D allant vers B, qui est le point de Midi. Pour les demi-heures prenez au Quart-de-cercle 7 d. 30 m. & tirez d'autres paralléles entre les lignes des heures.

On peut encore tracer les heures par le moyen d'un cercle, dont le diamétre soit la ligne A B, divisant sa circonférence en 24 parties égales pour les heures, & en 48, pour les demi-heures. Puis tirant des points de division opposés, des lignes paralléles, on aura les heures & demi-heures, comme nous l'avons dit en la construction de l'autre rectiligne.

Du point I comme centre on trace un autre Quart-de-cercle occulte, qu'on divise en 90 d., lesquels se marquent sur le bord extérieur de la platine, comme il paroît en la Figure, où ils sont seulement divisés de 10 en 10 d. & subdivisés de 5 en 5 d. par de petites lignes intermédiaires. Cette division sert à prendre la hauteur du Soleil sur l'Horison, comme nous le dirons ci-après.

On attache au bord supérieur sur la ligne G H deux pinules percées chacune d'un petit trou, pour donner passage aux rayons du Soleil.

La piéce marquée K, est un petit bras ou index, fait de trois lames de laiton attachées l'une sur l'autre par des clous à tête rivés de maniére qu'elles puissent avoir du mouvement à droit & à gauche; au bout pointu, qui est percé d'un fort petit trou, on attache une soie qui porte un plomb dans laquelle on a enfilé une très-petite perle ou tête d'épingle; ce petit bras s'attache sur la platine avec un clou à tête, afin qu'il ait un mouvement à l'endroit marqué K.

Usage.

POur connoître l'heure, ajustez le bout de l'index sur l'interfection que fait la ligne de la Latitude du lieu avec le dégré du signe ou le jour du mois, étendez la soie & faites couler la perle sur pareil dégré du signe au petit Zodiaque, qui est tracé sur la ligne de Midi B I; élevez vers le Soleil la pinule G, de sorte que son rayon passe par les deux trous ou fentes des pinules; pour lors l'endroit où la perle s'arrêtera sur le Plan, sera l'heure présente.

Pour connoître l'heure du lever & du coucher du Soleil en tous les signes du Zodiaque & en toutes les Latitudes marquées sur le Cadran, arrêtez le bout de l'index sur l'intersection de la Latitude du lieu & du dégré du signe; & laissant tomber librement la soie paralléle aux lignes horaires, elle montrera l'heure du lever & du coucher du Soleil. Par exemple le bout de l'index étant arrêté sur l'intersection du signe de ♋ & sur la Latitude de 49 d., alors le filet rasera la ligne de 4 h. du matin & de 8 h. du soir; ce qui fera connoître qu'environ le 20 de Juin le Soleil se leve à Paris à 4 h. du matin, & se couche à 8 h. du soir; & ainsi des autres.

Pour connoitre l'élévation du Soleil sur l'Horison, placez le bout de l'index au point I; haussez ou baissez l'instrument de sorte que le rayon du Soleil passe par le trou de la pinnle H, & se rende dans l'autre pinule; & la soie tendue par son plomb marquera l'élévation du Soleil sur les dégrés tracés au bord extérieur de la platine.

Toutes ces sortes de Cadrans, qui marquent les heures par les hauteurs du Soleil, ont cela de commode qu'ils n'ont pas besoin de Boussole, mais leur commun défaut, est qu'aux environs de Midi on ne peut sçavoir l'heure juste, si ce n'est par plusieurs observations, qui font connoître si le Soleil hausse ou baisse, & par conséquent s'il est dans la partie orientale ou occidentale.

Construction d'un Cadran Horisontal pour plusieurs élévations de Pôle.

CE Cadran se fait sur une platine de cuivre ou d'autre matiére solide. Il y a une petite piéce de cuivre en forme d'oiseau, dont la partie inférieure est ajustée dans deux petits tenons pour le rendre mobile & le coucher d'un côté ou d'autre. Il est retenu droit par le moyen d'un ressort qui est dessous la platine, & qui la traversant par un petit trou quarré, fait tenir l'oiseau ferme sur son pied. Il y a un Style ou axe qui entre dans l'épaisseur de l'oiseau qui est double; le bout d'en-bas de l'axe entre dans un petit tenon qui est au centre du Cadran, pour donner moyen de le hausser Fig. 9.

ou baisser suivant la hauteur du Pôle. Il y a sur le Style un arc de cercle divisé où les dégrés sont marqués depuis 35 ou 40 d. jusqu'à 60. On fait une fente au long de la circonférence divisée, & par le moyen d'une petite goupille rivée passant par l'œil de l'oiseau, on arrête son bec sur le nombre des dégrés, & l'on maintient l'axe à la hauteur du Pôle requise. On fait une ouverture circulaire à la platine pour y joindre une Bouffole attachée en-dessous par deux vis. L'aiguille & le verre qui la couvre se placent de même qu'aux autres Bouffoles dont nous avons parlé.

La surface du Cadran est partagée en 4 ou 5 circonférences que l'on divise les unes après les autres, pour autant de différentes Latitudes, suivant quelques-unes des méthodes expliquées ci-devant, dont celle qui se fait par le calcul des angles au centre du Cadran est la plus en usage pour ces petites surfaces.

On peut encore tracer ces Cadrans par le moyen d'une plate-forme sur laquelle on aura divisé divers Cadrans par les régles que nous avons données ci-devant, pour les marquer sur la plaque par le moyen d'une régle à centre, ayant affermi ladite plaque de maniére qu'elle ne branle point.

La circonférence extérieure, qui est divisée pour 55 d. de Latitude, peut servir pour les pays qui sont compris entre les 58 & 53me d.

La seconde, qui est divisée pour 50, sert pour les pays compris entre le 53 & le 47me d.

La troisiéme, qui est divisée pour 45, peut servir pour les pays compris entre les 47 & 42me d.

La quatriéme, qui est divisée pour 40 d., sert pour les pays compris entre les 42 & 38me d. de Latitude.

Quand on y met un cinquiéme Cadran pour 35 d., il sert pour tous les pays compris entre les 37 & les 32. On peut voir sur une bonne Mappemonde ou sur un Globe terrestre les pays où ces Cadrans peuvent servir; car celui qui est fait pour une Latitude peut servir pour tous les pays autour de la terre qui ont une pareille Latitude Septentrionale ou Méridionale. Sous la platine du Cadran on grave une Table des principales villes du monde avec leurs Latitudes, pour y pouvoir faire le choix des circonférences de ce Cadran, en élevant son axe selon l'élévation du Pôle du lieu où l'on veut s'en servir.

Usage.

POur trouver l'heure, haussez ou baissez le Style, en sorte que le bout du bec du petit oiseau réponde au dégré de l'élévation du pôle du lieu marqué sur le Style, comme à Paris, vis-à-vis de 49 d. Le Style étant ainsi élevé, placez le Cadran parallèle à l'Horison, c'est-à-dire, de niveau, tournez-le au Soleil, jusqu'à ce que la pointe Septentrionale de l'aiguille aimantée, marquée ordinairement d'un petit anneau, soit arrêtée sur la ligne de déclinaison, où il y a une fleur-de-lis & où est écrit *Nord*. Pour lors l'ombre du Style marquera l'heure qu'il est sur la circonférence divisée pour la Latitude du lieu.

Il faut se souvenir de ne pas approcher le Cadran d'aucun fer, car il changeroit la direction de l'aiguille aimantée.

Construction d'un Cadran à Anneau.

FAites un cercle bien rond de cuivre ou d'autre matiére solide, d'environ deux pouces de diamétre sur 4 à 5 lignes de largeur, d'une épaisseur convenable pour ne pas se forcer. Marquez à volonté sur la circonférence le point A, où il y ait un petit trou; du point A, comme centre, décrivez un Quart-de-cercle divisé en 90 d. cherchez dans la Table des élévations du Soleil, sa hauteur pour chaque heure du jour des Equinoxes sur l'Horison du pays, lesquels vous marquerez par le moyen du Quart-de-cercle, en tirant des lignes du centre A jusqu'à la surface concave de l'Anneau, & ce Cadran sera bon pour le tems des Equinoxes, le suspendant par l'anneau B, en sorte que la ligne A D soit à plomb. Fig. 7.

On pourra le faire servir pour les autres tems de l'année, si l'on rend le le trou A mobile. Pour cet effet coupez les arcs A E, A I de 23 d. pour les signes du ♉, ♍, ♏ & ♓, Taureau, de la Vierge, du Scorpion & des Poissons, A F, A K de 40 d. 26 m. pour les signes de ♊, ♌, ♒ & ♐, c'est-à-dire, des Gemeaux, du Lion, du Verseau & du Sagittaire. Enfin les arcs A G, A L de 47 d. pour les signes de ♋ & ♑, c'est-à-dire de l'Ecreviſſe & du Capricorne. On prend le double de la déclinaison des signes, parce que les angles à la circonférence ne sont que moitié des angles au centre; vous aurez par ce moyen sur la surface convexe de l'Anneau une espéce de Zodiaque, y marquant les signes chacun en leur place, ou bien les premiéres lettres des mois, afin de pouvoir mettre le trou A sur le dégré du signe ou le jour du mois courant. Il faut aussi décrire dans la superficie concave de l'Anneau sept cercles; celui du milieu sera pour l'Equateur, & les autres pour les autres paralléles.

Des points A, E, F, G, I, K, L, comme centres, faites autant de Quarts de 90 d. sur lesquels vous marquerez pour chaque signe les hauteurs du Soleil à chaque heure; & prolongeant les rayons jusqu'aux circonférences, vous y marquerez des points, & joindrez par une ligne courbe tous ceux qui appartiennent à une même heure.

On peut tracer à part ces divisions, & les rapporter ensuite sur cet Anneau en prenant les mêmes distances avec un compas.

Usage.

PLacez le trou mobile sur le dégré du signe, où est le Soleil; tenez l'Anneau suspendu & le tournez au Soleil, de sorte que son rayon passant par le trou, tombe sur la circonférence convenable du signe, alors il y marquera l'heure présente.

Décrire les heures sur une autre sorte d'Anneau.

LE Parallélogramme A B C D, représente cet Anneau étendu & développé, afin d'y marquer les heures avant de le contourner en cercle. Fig. 9.

Il est fait d'une lame de laiton ou d'autre matiére solide, de longueur proportionnée à la grandeur qu'on veut donner à l'Anneau, large au moins de 4 à 5 lignes & d'une épaiſſeur proportionnée, & dont les extrémités Fig. 8.

A C, B D, font coupées à angles droits. Des points C & D, faites deux Quarts-de-cercle; divisez-les en 9 parties égales; de chaque division opposée tirez les paralléles des signes, la ligne C F D sera pour ♈ & ♎, le Belier & la Balance, A E B pour les deux Tropiques, les autres font pour les autres signes placés suivant leur ordre. Divisez toute la longueur en deux également par la ligne E F; tracez à part la ligne G H égale à A E pour en faire une échelle, que vous diviserez en neuf parties égales, dont chaque partie sera subdivisée en 10, par des petits points pour faire en tout 90 parties égales, répondantes aux 90 d. d'un Quart-de-cercle. Prenez dans la Table les dégrés de hauteur du Soleil sur l'Horison du pays à chaque heure du jour des Solstices & des Equinoxes; par exemple, pour Paris (où la hauteur Méridienne du Soleil étant au premier point de ♋, est de 64 d. 29 m.) prenez avec un compas sur l'échelle G H 64 parties & demie; portez cette ouverture sur la bande de laiton depuis E de part & d'autre jusqu'à I & K, & de même du point F jusqu'à L & M; joignez les points I L, K M par des lignes droites; prenez ensuite en la Table pour une heure & 11 h. au Solstice d'Esté 61 d. 54 m. c'est-à-dire, un peu moins de 62 sur l'échelle, que vous porterez sur le Cadran de K vers E; prenez aussi 41 d. sur l'échelle pour le point de Midi des Equinoxes, que vous porterez de M en O & de L en N pour 12 h.; prenez de même 39 d. 20 m. pour le point d'une heure & d'onze, que vous porterez sur la même ligne des mêmes points M & L; des points de la meme heure des Solstices & des Equinoxes tirez des lignes droites; pour le Tropique du Capricorne, prenez sur l'échelle G H 17 d. ½, hauteur Méridienne, que vous porterez de I en P; pour une heure, & pour 11 prenez 16 d. 17 m. que vous porterez de I vers P; & ainsi de toutes les autres heures qui seront représentées par des lignes droites.

Mais si pour plus grande justesse vous prenez en la Table les nombres qui conviennent aux différentes hauteurs du Soleil en chaque signe, & même de 10 en 10 d. vous aurez sur les paralléles des points qui étant joints ensemble, formeront des lignes courbes pour les lignes horaires, & en ce cas le Cadran en sera plus régulier & plus juste.

Vous écrirez le nombre des heures aux deux côtés, comme aussi les caractéres des signes & les premiéres lettres des mois, chacuns en leur place, comme la figure le montre. Au milieu des lignes I L, K M, aux points R & S, percez deux petits trous en dedans, s'élargissans en dehors de l'anneau, pour mieux recevoir le rayon du Soleil.

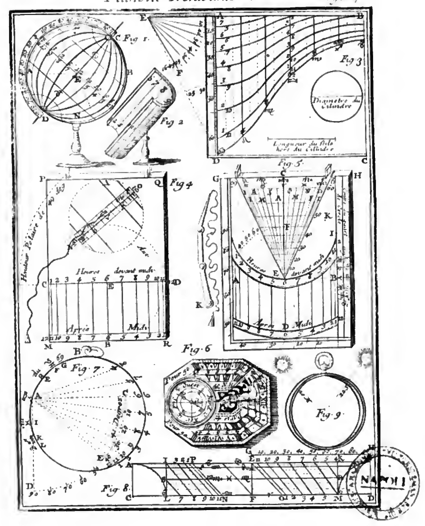
Arrondissez ensuite cette lame, soudez les deux extrémités ensemble; mettez au milieu de la jointure un petit bouton avec un anneau, de sorte que le tout soit bien en équilibre. Il faut pour cela le tourner en dehors.

Usage.

Tenez l'anneau suspendu & tournez le trou qui convient au tems courant vers le Soleil, de sorte que son rayon tombe sur le paralléle du jour; alors l'heure y sera marquée par un point de lumiére.

Le trou S sert depuis le 21 Mars jusqu'au 23 Septembre, & le trou R pour les autres six mois.

On écrit sur la superficie convéxe de l'anneau près les petits trous; par exemple,


Fig. 1.
Fig. 2
Fig. 3
Diametre du Cilindre
Longueur du Stile hors du Cilindre
Fig. 5.
Fig. 4
Hauteur Polaire de
Heures devant midi
Apres Midi
Fig. 6
Fig. 7.
Degrés
Fig. 8.
Fig. 9.

exemple, sur celui S, 21 *Mars*, & sur celui R, 23 *Septembre*, comme la figure 9 le montre. Ces deux derniers Cadrans ne sont propres que pour une élévation de Pôle.

Construction de l'Anneau ou du Cadran Astronomique universel.

CEt Instrument (dont l'usage est de marquer l'heure par un rayon du Soleil, en quelque endroit de la terre que l'on puisse se trouver) se fait de cuivre ou d'autre métail. Il est composé de deux cercles plats, tournés en dedans comme en dehors. L'extérieur marqué A, représente le Méridien du lieu où l'on est; il porte deux divisions de 90 dég. diamétralement opposées, dont l'une sert depuis notre Pôle Septentrional jusqu'à l'Equateur, & l'autre depuis l'Equateur jusqu'au Pôle Méridional. XXXII *Planche.* *Fig.* 1.

Le cercle intérieur représente l'Equateur. Il doit tourner bien juste dans l'extérieur par le moyen de deux pivots ou goupilles qui traversent les deux cercles par des trous diamétralement opposés l'un à l'autre aux points de 12 h.

Il se fait de ces Cadrans depuis deux jusqu'à six pouces de diamétre, & même plus grands. Les cercles sont larges & épais à proportion de leur grandeur. Au milieu de ces cercles est une régle ou lame mince avec un curseur marqué C, composé de deux petites piéces qui coulent dans une ouverture faite au milieu de cette lame, & qui sont retenues par deux petites vis; il y a un fort petit trou percé au milieu de ce curseur pour recevoir le rayon du Soleil. La ligne du milieu de cette régle peut être considérée comme l'axe du monde, étant perpendiculaire au plan du cercle qui représente l'Equateur & les extrémités comme les deux Pôles. On y marque d'un côté les signes du Zodiaque avec leurs caractéres, & de l'autre côté les quantiémes & les noms des mois, ou seulement leurs premiéres lettres. On les place suivant le rapport qu'ils ont avec les signes. On divise les signes de 10 en 10 d. ou même de 5 en 5, selon leur déclinaison, & ce par le moyen d'un Trigône déja tout divisé & dont l'extrémité du rayon de l'Equateur, c'est-à-dire, l'angle du sommet est à l'intérieur du cercle Equinoxial, comme au point F. Les deux piéces marquées D, sont pliées à l'Equerre, pour réunir les deux cercles l'un dans l'autre: elles sont aussi percées en-dessous pour tenir l'axe. Ces deux piéces sont attachées avec deux vis au cercle extérieur; il y en a une à un côté du cercle & une autre à l'autre côté, aussi-bien que les deux piéces marquées E, pour servir d'appui au cercle Equinoxial, & maintenir les deux cercles ouverts à angles droits.

Nous ne répétons pas la maniére de diviser le Quart-de-cercle en dégrés; & le cercle Equinoxial en heures, demies heures & quarts d'heure, l'ayant expliqué suffisamment ailleurs. Nous dirons seulement que toutes les divisions du cercle Equinoxial doivent être tracées sur l'épaisseur concave dudit cercle, ce qui se fait par le moyen d'une piéce d'acier pliée en équerre selon la courbure du cercle.

Il y a une rainure au bord extérieur des deux côtés du cercle Méridien pour faire couler le pendant G, lequel est plié par ses extrémités qui entrent dans ladite rainure.

Les deux côtés de cette piéce sont applatis pour appuyer sur l'épaisseur

convéxe du cercle, & font ressort pour faire tenir le pendant ferme sur tous les dégrés de la division. Le bouton, où est passé l'anneau de suspension, est rivé au milieu de ladite piéce, de maniére qu'il tourne fort librement ; le tout afin que l'instrument puisse être suspendu bien perpendiculairement, car c'est une des principales circonstances pour la justesse de cet instrument.

Usage.

PLacez la petite ligne tracée au milieu du pendant, sur le dégré de Latitude du pays où vous êtes, par exemple, pour Paris à 49 d. mettez ensuite la ligne qui traverse le petit trou du curseur de la régle, sur le dégré du signe ou sur le jour du mois courant ; ouvrez l'Instrument de maniére que les deux cercles soient à angles droits, & le tenant suspendu par l'anneau, tournez le plat de ladite régle vis-à-vis le Soleil, en sorte que son rayon passant par la petite ouverture du curseur, tombe précisément sur la ligne tracée au milieu de l'épaisseur du cercle intérieur qui représente l'Equateur. Pour lors le rayon ou point lumineux marquera l'heure présente dans la concavité de ce cercle ; & dans cette disposition la ligne du milieu du Zodiaque, c'est-à-dire, de la régle sur laquelle sont marqués les signes, sera paralléle à l'axe du monde.

Ce Cadran ne peut marquer l'heure de Midi, parce que son cercle extérieur se trouvant dans le plan du Méridien, empêche le rayon du Soleil de passer jusqu'à l'Equateur ; ni les heures au tems des Equinoxes, parce que pour lors les rayons du Soleil sont paralléles au plan du cercle Equinoxial ; ensorte que, au premier cas ce Cadran est sans usage environ une heure chaque jour, moitié avant & moitié après-Midi ; & au second cas, il l'est pareillement pendant quatre jours par an, depuis le 20 jusqu'au 22 Mars, comme depuis le 20 jusqu'au 22 Septembre.

Construction d'un Anneau Astronomique à trois cercles.

Fig. 2. CEt Instrument-ci ne différe du précédent, que par le 3me cercle qui porte la déclinaison du Soleil. Le cercle A représente le Méridien du lieu où l'on s'en sert ; le cercle B, l'Equinoxial, & le cercle D, qui tourne juste dans ledit Equinoxial, fait le même effet que la régle qui porte les divisions du Zodiaque, & qui représente l'axe du monde dans le précédent Instrument. Les deux extrémités de son diamétre (qui sont les deux points de sa circonférence, par où il est attaché au Méridien) répondent aux deux Pôles du monde. Aux parties opposées D, on marque un double Trigône de signes sur la circonférence de ce cercle, dont le centre est le sommet où se réunissent tous les rayons. Les arcs de chaque signe se subdivisent de 10 en 10, ou de 5 en 5 dégrés, ausquels on peut joindre les jours des mois correspondans. Nous ne répétons pas la maniére de tracer toutes ces divisions, étant les mêmes que celles de l'autre Anneau Astronomique.

L'alidade E est attachée au centre du cercle intérieur ; il y a deux pinules rivées aux extrémités de l'alidade, percées chacune d'un fort petit trou pour recevoir le rayon du Soleil.

Les Cadrans composés de cette maniére marquent l'heure de Midi,

parce que l'alidade est hors du plan du cercle Méridien. Quand on le fait grand, comme de 9 à 10 pouces de diamétre, on divise le cercle Equinoxial de 2 en 2 minutes, ou de 5 en 5, pour faire des observations exactes.

Il y a un pendant comme à l'autre Cadran, qui entre dans la rainure du cercle Méridien pour le faire couler sur le dégré de Latitude du lieu. On ajoûte quelquefois à cet Instrument un pied à peu près comme celui d'une Sphére, qu'on fait couler sur le dégré de l'élévation; & pour lors il se place sur un Plan Horisontal. On y joint une Boussole, par le moyen de laquelle on oriente cet Instrument & l'on connoît exactement la déclinaison de l'aimant.

Usage.

PLacez la petite ligne, qui est au milieu du curseur du pendant F, sur le dégré de l'élévation du Pôle du lieu où vous faites l'observation, & la ligne de foi de l'alidade sur le jour du mois ou sur le dégré du signe que le Soleil parcourt.

Le cercle Equinoxial étant ouvert à angles droits avec le Méridien, & tenant l'Instrument suspendu, haussez ou baissez le cercle inférieur, en sorte que le rayon du Soleil passe par les trous des deux pinules. Alors la ligne, qui est tracée au milieu de l'épaisseur convéxe dudit cercle, montrera l'heure ou partie de l'heure tracée au milieu de l'épaisseur concave du cercle Equinoxial; & cela à toutes les heures du jour.

La méme chose se fera lorsque l'Instrument sera posé horisontalement sur un pied; & alors on fera les observations plus commodément.

Construction d'un Cadran Horisontal incliné universel & d'un Equinoxial.

CE Cadran est composé de deux platines de laiton ou autre matiére; l'inférieure marquée A est évuidée vers le milieu pour recevoir une Boussole ordinaire, qui est attachée en-dessous avec des vis; l'autre platine B est mobile par le moyen d'une charniére attachée à l'endroit marqué C. Au long du côté Septentrional du Cadran on trace sur la platine supérieure un Cadran Horisontal, divisé pour une latitude plus grande qu'aucune de celles où l'on veut le faire servir, & l'on y met un Style proportionné à cette hauteur; car en l'élevant par le moyen du Quart-de-cercle D, le Plan Horisontal aura toujours moins de latitude, ou le Pôle y sera moins élevé qu'il n'étoit dans le lieu pour lequel il a été fait. Fig. 3.

On ne met ordinairement qu'une portion de cercle depuis l'Equateur jusqu'à 60 d. qui doivent étre marqués au bas de la portion du cercle. Le Cadran Horisontal se trace en ce cas pour cette élévation de Pôle de 60 d. Cette portion de cercle est attachée par deux petits tenons, & se couche sur la platine inférieure, aussi-bien que le Style sur l'extérieure, & ils sont retenus droits par le moyen d'un petit ressort qui est sous chaque plaque. Si l'on veut se servir d'un Cadran Horisontal (fait pour une élévation particuliére de Pôle) dans d'autres pays de moindre Latitude que celle du lieu pour lequel il a été construit, c'est-à-dire, lui faire marquer exactement l'heure dans des lieux plus Méridionaux; la charniére en ce cas sera du côté Septentrional du Cadran, & le Quart-de-cercle sera attaché au côté

opposé, comme on voit dans l'exemple de ce Livre : Et pareillement si l'on veut connoître l'heure par le moyen d'un Cadran Horisontal divisé pour une certaine élévation de Pôle, dans des pays de plus grande Latitude que celle du lieu pour lequel il a été construit, c'est-à-dire, dans des lieux plus Septentrionaux, la charniére sera du côté Méridional du Cadran par où elle tiendra aussi au côté Méridional de la platine de la Boussole ; & le Quart-de-cercle sera alors du côté opposé à celui où est la charniere.

De cette maniére on pourroit rendre universel tel Cadran Horisontal qu'on voudroit, fait pour une Latitude quelconque ; comme celle de Paris qui est de 49 d. & alors la platine de ce Cadran seroit garnie de deux charniéres, une au côté Septentrional, & l'autre au côté Méridional pour le besoin que l'on pourroit avoir de l'un ou de l'autre côté ; afin qu'étant attachée au côté de même nom de la platine de dessous, elle pût être élevée ou baissée, soit d'un côté ou d'un autre, selon qu'il le faudroit pour des lieux plus Méridionaux ou Septentrionaux que celui pour lequel auroit été fait le Cadran : observant toujours dans ces différens cas, que l'angle de l'élévation de la platine du Cadran, sur la platine Horisontale de dessous qui porte la Boussole, soit de la quantité des dégrés de la différence des deux hauteurs de Pôle du lieu du Cadran & du lieu où l'on veut le faire servir, & le Quart-de-cercle attaché au côté opposé à celui où est la charniére de jonction des platines, c'est-à-dire, celle sur laquelle roule leur mouvement. La figure fait assez connoître le reste de la construction de ce Cadran.

Usage du Cadran Horisontal incliné.

ELevez la platine supérieure selon les dégrés de la différence entre la hauteur du Pôle sur le Cadran & la hauteur du Pôle sur l'Horison du lieu où vous étes, par le moyen de la division du Quart-de-cercle.

L'aiguille aimantée étant arrêtée sur sa ligne de déclinaison, & le Cadran placé horisontalement, l'ombre de l'axe marquera l'heure juste qu'il est.

On grave sous ces deux platines les noms des principales villes avec leur Latitude, pour épargner la peine de les chercher dans les Cartes Géographiques.

Les Cadrans Equinoxiaux se rendent universels par tout le monde de la même maniére, mais en ce cas il faut un Quart-de-cercle entier. La platine supérieure se fait pour l'ordinaire en forme de cercle évuidé que l'on divise en 24 parties égales pour les heures, & que l'on subdivise en deux pour les demi-heures, & en quatre pour les quarts. Toutes ces divisions se tracent aussi dans la concavité du cercle.

Il y a une piéce qui traverse le cercle & qui porte le Style droit qui se tient ferme au milieu du cercle, par le moyen d'un petit ressort qui est attaché sous le cercle, qui par ce moyen donne la liberté au Style droit de se lever au-dessus de ce cercle, & de s'abaisser en-dessous ; & quand le Cadran Equinoxial est tracé sur une platine, on se sert de la petite piéce marquée F, qu'on met au centre, & qui sert de Style ; la partie supérieure du Cadran marque les heures depuis le 22 Mars jusqu'au 23 Septembre, & sa partie inférieure les marque pendant les six autres mois de l'année.

Nous n'avons pas jugé à propos d'en mettre ici la figure, à cause de sa ressemblance avec celle de l'Horisontal incliné, & qu'on peut aisément se l'imaginer par le discours, en supposant un Cadran Equinoxial au lieu d'un Horisontal.

Usage de l'Equinoxial.

IL faut mettre le bord de la platine ou du cercle sur le dégré d'élévation du Pôle par le moyen du Quart-de-cercle, & le Cadran étant bien orienté avec la Boussole, l'ombre du Style marquera l'heure présente en tout tems, même pendant les Equinoxes, à cause que les divisions des heures sont continuées jusques dans la concavité du cercle, lequel est coupé par le haut.

Construction d'un Cadran Azimutal.

CE Cadran est nommé *Azimutal*, parce qu'il se fait ordinairement par le moyen des Azimuths ou cercles verticaux du Soleil au fond d'une Boussole, sur une platine de cuivre ou d'autre matiére solide, paralléle à l'Horison. Tirez la ligne A B pour la Méridienne, sur laquelle décrivez un cercle à volonté. Nous n'en faisons ici que la moitié pour les heures du matin; celles de l'après-midi se tracent de la même maniére. Divisez ce cercle en dégrés, commençant du point A, qui est le point Septentrional de la Méridienne; divisez en trois le Demi-diamétre A C, dont les deux tiers A D seront partagés en six intervalles pour y tracer du centre C des circonférences qui représenteront les paralléles des signes du Zodiaque; la circonférence H, sera pour le Tropique d'Esté, & la plus proche du centre pour le Tropique d'Hiver; chacune des autres sera pour deux signes également distans des Tropiques, comme on voit par la figure 4. Fig. 4.

On pourra encore tracer les paralléles des signes, en faisant sur la ligne H D un demi-cercle, que l'on divisera en six arcs égaux, d'où abaissant autant de lignes ponctuées paralléles sur H D, elle se trouvera divisée en parties inégales, & par ces points de division on tracera du point C, comme centre, des circonférences qui seront les intervalles des paralléles des signes inégaux.

Pour marquer les lignes horaires servez-vous de la Table ci-après, supputée pour les complémens au premier Vertical pour la Latitude de 49 d. parce qu'au lieu de compter la distance des Azimuths depuis le premier Vertical on les compte ici depuis le Méridien. Pour marquer, par exemple, le point d'une heure après-Midi ou d'onze heures sur le Tropique de *Cancer*, vous trouvez que l'Azimuth du Soleil en ce tems-là est éloigné du Méridien de 30 d. 17 m. & qu'au commencement du signe des Gémeaux, ou à la fin du signe du Lion, l'Azimuth où se trouve le Soleil à la même heure, est de 27 d. 58 m. & ainsi des autres; c'est pourquoi mettez une régle au centre C, & sur le 30 d. 17 m. de la circonférence extérieure, divisée pour marquer sur le Tropique d'Esté, le point d'onze heures du matin; tournez la régle autour du centre du Cadran & l'arrêtez sur le 27 d. 58 m. pour marquer sur le paralléle des Gemeaux & du Lion le point d'onze heures; mettez la régle sur le 23me d. 30 m. pour le paralléle du Taureau & de la Vierge, sur le 19me d. 33 m. pour le jour des Equinoxes, & ainsi des autres, conformément à la Table. Joignez tous les points d'une même heure par des lignes courbes bien adoucies & ne faisant aucun angle, qui seront les lignes horaires.

Pour marquer les heures d'après-Midi, prenez avec un compas les mêmes distances sur chaque paralléle, & les transportez de l'autre côté de la Mé-

ridienne, parce que les Azimuths des heures également distantes de Midi, font des angles égaux avec la Méridienne.

L'aiguille aimantée étant placée sur son pivot, il faut la couvrir d'un verre comme aux Boussoles ordinaires.

Usage.

TOurnez vers le Soleil le côté B du Cadran, jusqu'à ce que le Style planté en ce point perpendiculairement sur la ligne de Midi, fasse ombre tout le long de cette ligne. L'aiguille aimantée étant arrêtée Nord & Sud, marquera l'heure qu'il est par l'intersection du dégré du signe courant, si l'aimant n'a point de déclinaison.

Mais à présent que l'aimant décline du Nord à l'Ouest environ 17 d, on place le Style sur la ligne de déclinaison K I au point E, & l'on a égard à l'ombre du Style sur ladite ligne de déclinaison ; alors l'erreur que pourroit faire la déclinaison de l'aimant sera rectifiée par ce moyen.

Table des Verticaux du Soleil depuis le Méridien à chaque heure du jour, pour la Latitude de 49 dégrés.

Heures.	XI. I.		X. II.		IX. III.		VIII. IV.		VII. V.		VI. VI.		V. VII.		IV. VIII.	
Signes.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
♋	30	17	53	40	70	30	83	57	95	20	105.56		116.28		127.26	
♌ ♊	27	58	50	33	67	34	81	6	92	45	103.35		114.56			
♍ ♉	23	30	43	52	60	29	74	17	86	21	97.36					
♎ ♈	19	33	37	25	52	58	66	57	78	34						
♏ ♓	16	42	32	25	46	30	59	28	71	12						
♐ ♒	14	56	29	11	42	23	54	26								
♑	14	19	28	2	40	48										

Méthode de dresser les Tables des hauteurs & des Verticaux du Soleil à toutes les heures du jour, à tous les jours de l'année & pour telle Latitude qu'on voudra.

XXXII. Planche. Fig. 5. CEtte méthode est toute fondée sur des opérations qu'on fait avec la régle & le compas dans la projection Orthographique des cercles de la Sphére, lesquelles opérations sont d'autant plus justes que le Plan de projection est plus spacieux. On appelle *projection orthographique* de la Sphére la représentation de tous ses cercles dans le plan de l'un des grands, comme il est ici marqué A B C D, qu'on suppose d'un pied de diamétre pour la plus grande facilité.

Ce cercle A B C D est pris pour le Méridien du lieu pour lequel on travaille, le point C est celui de Midi, D Nord, A Zénith, B Nadir, & le point E centre du cercle pour les points Est & Ouest : la ligne C D l'Horison du lieu. Cette projection en laquelle l'œil est supposé à une distance

infinie en Ouest, a cet avantage que tous les cercles de la Sphére y sont décrits les uns par des lignes droites, les autres par des cercles, & que ces lignes & ces cercles se divisent aisément en leurs dégrés & minutes par le compas & la régle. Les Triangles sphériques du globe y sont en partie changés en rectilignes, & peuvent être calculés par la Trigonométrie rectiligne. Afin de ne pas multiplier en vain les figures, nous nous servirons de la figure 5me planche 23me déja destinée à d'autres fins. Soit donc à dresser une Table des hauteurs du Soleil à toutes les heures de differens jours pour la Latitude de 49 d. Comptez de C en G 41 d. du côté du Midi pour la hauteur de l'Equateur, & tirez du centre la ligne G E qui le représente. De G en H comptez 23 d. & demi pour le premier dégré ou Tropique de *Cancer* vers le Zénith A; & de H tirez une paralléle à G E qui représentera le parallele du Solstice d'Esté. De l'autre côté de G en I comptez encore 23 d. & demi pour le premier dégré ou Tropique du Capricorne, & tirez de I une paralléle à G E qui représentera le paralléle du Solstice d'Hiver, & ainsi des autres paralléles des signes & de leurs dégrés, ayant égard à leur déclinaison de l'Equateur vers le Nord ou vers le Sud. Du point E comme centre, comptez de D en F la hauteur du Pôle de 49 d. Nord, & tirez par E & F l'axe du monde. Toutes les lignes paralléles à l'Equateur G E, qui viendront couper l'Horison C D marqueront par leurs interfections le point du lever & du coucher du Soleil, ses Amplitudes orientales & occidentales, la longueur des jours & des nuits; quand le Soleil sera en ces paralléles, en divisant cet Horison en dégrés comme nous le dirons par la suite.

On veut, par exemple, dresser une Table des hauteurs du Soleil à toutes les heures du jour au premier dégré d'*Aries*, c'est-à-dire, au 20 Mars, comme on l'apprend des Tables ci-dessus pages 257 & suivantes. Divisez le Quart-de-cercle G F de 15 en 15 d. pour chaque heure, & de 7 d. & demi en 7 d. & demi pour les demies, si l'on veut. De ces divisions b, ß, g, &, d, F, tirez à l'Equateur ou paralléle du premier dégré d'*Aries* autant de perpendiculaires. Pour ne pas embarrasser la figure, nous ne marquerons que les perpendiculaires d, z, F E, pour les derniéres heures du jour 5 & 6 h. du soir, & 6 & 7 h. du matin, ces lignes d, z, F E & autres tirées sur G E divisent l'Equateur GE en ses dégrés & heures. Du point z tirez une paralléle à C E; son intersection avec le cercle C A D divisé en ses dégrés & minutes à compter de C vers A, marquera le dégré de la hauteur du Soleil à 7 h. du soir & 5 h. du matin le 21 Mars, ou quand le Soleil sera au premier dégré d'*Aries* & de *Libra*, sous la Latitude de 49 d. Nord. Vous en ferez de même des points b, ß, g, &, pour avoir les hauteurs du Soleil à 1, 2, 3 & 4 h. du soir, à 11, 10, 9 & 8 h. du matin. Maintenant du point F, tirez aussi une perpendiculaire à G E pour avoir la hauteur du Soleil de la maniére que nous avons dit; mais parce que cette perpendiculaire coupe l'Equateur G E en son intersection avec l'Horison C D, il s'ensuit qu'à cette heure le Soleil n'a pas d'élévation sur l'Horison, & qu'à 6 h. du matin & du soir aux jours & Latitudes susdites le Soleil à 0 pour la hauteur, & se leve & se couche à ces mêmes heures.

On conçoit aussi qu'en ce jour la hauteur du Soleil à Midi est celle de la ligne G E, parce que c'est en G que le cercle Méridien C A est coupé, c'est la même régle pour tous les paralléles à l'Equateur. On veut, pour

2me exemple, dresser une Table des hauteurs du Soleil pour toutes les heures du jour auquel il est au premier dégré du *Cancer* : les Tables de déclinaison pages 257 & suivantes vous marquent le 21 Juin à la Latitude susdite. Vous avez déja tracé du point H distant de 23 d. & demi de l'Equateur vers le Nord la paralléle qui convient & que le Soleil décrit en ce jour. Maintenant du point où cette ligne H coupe l'axe du monde E F, décrivez une portion de cercle H, fi, ff, que E F prolongé coupera en ff; divisez cette portion de cercle à commencer du point H de 15 en 15 d. pour les heures de ce jour, & vous aurez les points de division l, m, n, x, p, ff, ft, ff; de ces points tirez sur la paralléle à l'Equateur H autant de perpendiculaires que vous pourrez jusqu'à ce que ces perpendiculaires ne rencontrent plus le paralléle H sur l'Horison C D, & vous aurez divisé ce paralléle H en ses heures & dégrés : pour éviter la confusion, nous ne marquons ici que les deux derniéres lignes ft, &, pour 5 h. du matin, & 7 h. du soir ; ff, w, pour 4 h. du matin & 8 h. du soir, en comptant de la ligne de Midi en H. Du point &, (où la ligne H est coupée,) tirez la paralléle à C D vers C, & le dégré qui sera coupé en comptant de C vers A, sera celui de la hauteur du Soleil sur l'Horison de 49 d. à 5 h. du matin & à 7 h. du soir le 21 Juin, auquel le Soleil est au premier dégré du *Cancer*. Faites-en de même pour toutes les autres heures. Enfin du point w, où la perpendiculaire ff, w, coupe la ligne H, tirez de même une paralléle à C D qui coupera le cercle C A au dégré de la hauteur du Soleil sur l'Horison à 4 h. du matin & 8 h. du soir au jour susdit ; mais parce que cette paralléle à C D est la même que l'Horison C D, il s'ensuit que le Soleil a o de hauteur à ces heures, & qu'il se couche aux lieux & jour susdits à 8 h. du soir & se leve à 4 h. du matin.

Faites la même chose pour tous les jours de l'année, & écrivez les différentes hauteurs du Soleil que vous avez trouvées par les opérations aux différens jours & heures, le tout dans l'ordre que vous voyez à la Table que nous en avons donné ; & vous aurez des Tables de hauteurs du Soleil comme vous les souhaitez, qui vous donneront aussi la longueur des jours & des nuits, les heures du lever & du coucher du Soleil à différens jours. Ces opérations seront plus justes si le cercle A B C D est d'un pied de diamétre, & s'il est tracé sur une ardoise, si les lignes sont tirées avec justesse, & les cercles divisés de même.

C'est sur ces principes que (la hauteur du Soleil connue, le jour de l'année & la Latitude donnés) on connoîtra l'heure du jour ; car soit la hauteur du Soleil sur l'Horison donnée le 21 Juin, telle que la marque la ligne &, paralléle à C D sur le cercle C A ; tracez cette paralléle de ce point de hauteur, & elle coupera le paralléle du premier dégré de *Cancer* en &, duquel élevez la perpendiculaire &, ft ; ensuite du point d'intersection du paralléle du *Cancer* H sur l'axe du monde faites avec H l'arc H, ff, ff, que vous diviserez de 15 en 15 d. pour les heures à compter de H vers ff, ff, & vous trouverez 7 fois 15 d. jusqu'à la ligne ft ; ce qui vous montrera qu'il étoit ou 5 h. au matin ou 7 h. au soir, le 21 Juin quand vous avez observé la hauteur du Soleil sur l'Horison.

On peut souvent employer la Trigonométrie rectiligne pour calculer Fig. 5. les angles : il n'y a qu'à jetter les yeux sur la figure 5, & faire usage des régles dont nous avons donné ci-devant un abregé.

Pour dresser les Tables des Verticaux du Soleil à toutes les heures du jour pour telle Latitude qu'on voudra, par exemple ici à la Latitude de 49 d. Nord au 21 Mars : Prolongez la ligne z paralléle à C D, de sorte qu'elle coupe le cercle C A & la ligne A B ; prenez avec un compas la longueur de cette ligne z entre les deux interfections qu'elle fait sur C A & A B, portez le compas ainsi ouvert un pied au centre E, & de l'autre décrivez un arc de cercle de la ligne C D vers B ; ensuite du point z sur l'Equateur tirez la perpendiculaire indéfinie sur C D vers B, & le point (où cette perpendiculaire coupera l'arc de cercle que vous venez de faire) sera tel qu'en tirant d'icelui une ligne au centre E, vous y ferez un angle avec l'Horison C D égal au Vertical du Soleil à 7 h. du matin, & à 5 h. du soir le 21 Mars à la Latitude de 49 d. Nord. C'est pourquoi appliquez le centre d'un rapporteur en E & sa ligne o le long de C D vers C, & vous aurez l'angle du Vertical du Soleil par la ligne que vous avez tirée du centre E à l'interfection de la perpendiculaire z avec l'arc de cercle que vous venez de faire. Faites ainsi de tous les points sur l'Equateur, desquels vous tirerez des perpendiculaires à C D vers B, lesquelles vous couperez avec les ouvertures de compas que vous trouverez & placerez comme vous venez de faire pour la ligne z. Enfin tirez pareillement du point E sur l'Equateur une perpendiculaire à l'Horison : or cette perpendiculaire étant la même que A B, il en faut conclure qu'à 6 h. du soir aux jour & Latitude susdits, le Soleil fait un angle de 90 d. avec le Méridien C, que tel est son Vertical, & qu'il se couche au véritable Ouest, comme il se leve au véritable Est.

Pour avoir les Verticaux du Soleil quand il est au 1 d. de *Cancer* ♋, c'est-à-dire, au 21 Juin en la Latitude susdite & à toutes les heures du jour : Prolongez la ligne &, paralléle à C D de part & d'autre, & prenez avec le compas sa longueur depuis le point d'interfection sur A B, jusqu'à son interfection sur C A ; portez en E une des pointes du compas ainsi ouvert, & avec l'autre pointe faites un arc de cercle de C vers B assez grand & jusques par-delà la ligne E B ; ensuite du point & abaissez sur C D & prolongez vers B une perpendiculaire ; & le point (où elle coupera l'arc que vous venez de faire) sera tel, que si vous en tirez une ligne vers E, vous aurez l'angle C E ; & ce point d'interfection pour l'angle du Vertical du Soleil à 5 h. du matin & à 7 h. du soir, le 21 Juin, lequel angle sera obtus.

Faites de même pour les autres heures en tirant des perpendiculaires des points marqués sur le Tropique & des arcs de cercle convenables, & alors leurs interfections relatives donneront les Verticaux du Soleil ou les angles qu'il fait avec la Méridienne à différentes heures. Pareillement enfin prolongez la ligne w, paralléle à C D jusqu'à la ligne A B & C A, ouvrez le compas d'une interfection à l'autre, & étant ainsi ouvert portez-en une pointe en E, & avec l'autre décrivez un demi-cercle ou arc de cercle depuis la ligne C E jusques vers B & même vers D ; ensuite du point w abaissez sur C D & prolongez vers B une perpendiculaire ; & le point d'interfection avec l'arc de cercle que vous venez de faire, sera tel que l'angle C E avec cette interfection sera celui du Vertical du Soleil à 8 h. du soir & à 4 h. du matin, le 21 Juin à la Latitude de 49 d. Nord ; ou plutôt à ces heures & jour le Soleil fera un semblable angle avec le Méridien, &

l'ombre d'un Style droit fera un tel angle avec la Méridienne. Ecrivez ces angles à côté des jours & sous les heures, & faites vos Tables comme vous en avez une, & comme nous avons dit ci-dessus des Tables des hauteurs.

Si des points E (où l'Equateur & ses paralléles coupent l'Horison C D) on tire des perpendiculaires jusqu'à la circonférence C B D, les dégrés du Méridien qu'elles couperont feront ceux des Amplitudes orientales & occidentales vers Nord ou Sud, comme il conviendra, en commençant à compter ces dégrés depuis B vers C d'une part & vers D de l'autre. Ainsi la perpendiculaire ♑ tombe vers D, & partant l'Amplitude orientale & occidentale est vers le Nord d'autant de dégrés qu'elle en a coupé de B vers D, & la perpendiculaire E B se trouvant sur o des divisions, il s'ensuit qu'aux Equinoxes il n'y a pas d'Amplitude, le Soleil se levant & se couchant aux points Est & Ouest.

Comme cette méthode exige beaucoup d'opérations, il en faut faire pour la moitié de l'année ; ce qui sera plus aisé & plus court que de faire des calculs infinis & deux analogies pour chaque heure de l'année qu'on veut avoir, au lieu qu'il ne faut ici que deux traits de compas pour chaque heure.

Par cette méthode on trace encore fort commodément une ligne Méridienne de cette façon. Un seul point d'ombre étant donné, la déclinaison, la hauteur du Soleil & celle du Pôle connues, tirez une paralléle à C D par
Fig. 5 le point sur C A de la hauteur connue du Soleil sur l'Horison ; l'intersection de cette ligne sur le paralléle (c'est-à-dire, sur le cercle que le Soleil décrit au jour de l'observation) donnera un point, duquel on abaissera & prolongera vers B une perpendiculaire à CD ; ensuite prenez la distance depuis le point, où A B & A C ont été coupés par la paralléle que vous venez de tracer ; & le compas ainsi ouvert, portez-en une pointe en E & l'autre vers C, & décrivez un cercle vers B ; alors le point (où ce cercle sera coupé par la perpendiculaire à C D) donnera l'angle C E, & ce point d'intersection sera égal à celui que l'ombre du Style droit faisoit avec la Méridienne au tems de l'observation. Ainsi faites avec le bout de l'ombre & le pied du Style cet angle vers le côté que vous jugerez opposé au Nord, & vous aurez une Méridienne.

Construction d'un Cadran Horisontal qui s'oriente par lui-même.

CE Cadran n'est autre chose qu'un Horisontal ordinaire, sous lequel on attache une losange aimantée, comme on fait aux compas de mer ; le tout est porté sur un pivot, de sorte que quand la losange aimantée se tourne au Septentrion, le Cadran s'oriente. Il ne faut que jetter les yeux sur une rose de vents (*fig.* 1. *Planche* 20. & *fig.* 7. *Planche* 32.) pour concevoir tout l'artifice de ce Cadran. A est le pivot, B la losange attachée sous le carton C, ayant égard à sa déclinaison. D est un tuyau de carton attaché aux cartons C & E, & c'est sur ce dernier que le Cadran est tracé ; F K est l'axe, G est la chappe de cuivre ou de verre dans laquelle entre le pivot A. La losange étant plus basse que la chappe, toute la machine tourne plus aisément & conserve mieux son niveau. Le tuyau de carton devroit être double, en sorte que l'un seroit tenu au carton C, & l'autre au carton E, alors ils entreroient justement l'un dans l'autre en forme de boëte,

& tourneroient plus ou moins; au moyen de quoi on éloigneroit la pointe de la losange aimantée vers l'Orient ou l'Occident d'autant de dégrés que seroit la déclinaison de l'aimant: il faut que le tout soit bien léger. Le pivot A est planté au fond d'une boëte ronde d'environ deux pouces de diamétre, comme la figure 8, dans laquelle on met toute la machine, que l'on couvre d'un crystal semblable à celui des montres de poche; de sorte néanmoins que les cartons tournent librement, que le Cadran soit à niveau du bord de la boëte, & que le crystal soit un peu plus élevé en convéxité que le sommet de l'axe. La figure 9 représente un couvercle de bois qui ferme la fig. 8.

Usage.

On expose la boëte au Soleil, & aussi-tôt le Cadran s'oriente; il se met de niveau, & l'ombre de l'axe marque l'heure. Ce Cadran n'est pas universel; il a d'ailleurs un autre inconvénient, qui est que les rayons du Soleil sont un peu brisés par la réfraction de leur lumiére passante au travers du crystal pour jetter sur le Cadran l'ombre de l'axe: ce qui ne peut opérer une erreur bien sensible; mais il faut garantir la machine des agitations de l'air.

Au reste on peut sçavoir de combien le crystal brise les rayons du Soleil, en observant quelle heure marque le Cadran découvert & à l'abri du vent, puis remettant aussi-tôt le crystal on voit la différence qu'il y a entre l'heure que le Cadran avoit marqué étant découvert d'avec celle qu'il marque sous son crystal. Par ce moyen on pourra avoir égard à cette différence toutes les fois qu'on fera usage de ce Cadran; & l'on remarquera qu'elle sera toujours plus grande aux heures du matin & du soir les plus éloignées de Midi, qu'en celles qui en sont les plus proches.

Construction d'un Cadran Horisontal Analemmatique.

Ce Cadran se nomme *Analemmatique*, parce qu'il se fait par le moyen de l'analemme, qui est la projection ou représentation des principaux cercles de la Sphére sur un plan.

La figure 5 est l'Analemme, & la figure 6 représente le Cadran tout fait, qui marque les heures sans Boussole.

Pour construire l'Analemme sur une plaque de laiton ou d'autre matiére bien droite & bien polie, de grandeur & épaisseur convenable, tirez premiérement les lignes A B, C D, se coupantes à angles droits au point E; Fig. 5. duquel, comme centre, décrivez le cercle A C B D, représentant le Méridien; son diamétre C D, l'Horison, & A B le premier Vertical. Du point D comptez jusqu'en F, l'élévation du Pôle, qui est ici de 49 d., & tirez la ligne F E représentante l'axe du monde; de l'autre côté comptez sur le Méridien de C en G l'élévation de l'Equateur, qui est ici de 41 d. & tirez la ligne G E pour l'Equateur; du point G comptez de part & d'autre jusqu'en H & en I 23 d. 30 m. pour la plus grande déclinaison du Soleil. Tirez la ligne H I coupante l'Equateur au point Y, duquel comme centre vous décrirez le cercle H L I K ou seulement sa moitié, que vous diviserez en 6 parties égales. Par chaque point de division tirez les paralléles à l'Equateur jusqu'à la ligne Horisontale; des sections que font les paral-

lèles sur le grand cercle abaissez des perpendiculaires, qui rencontreront l'Horisontale aux points M, N, O, P, & des sections faites par lesdites parallèles sur l'axe E F abaissez des perpendiculaires indéfinies S c, R b, Q a; ouvrez ensuite le compas de l'espace E M, & de cette même ouverture posez un pied sur N, & de l'autre coupez par un petit arc la ligne Q a; posez un pied sur O & coupez la ligne R b; par un petit arc au point b; puis toujours de la même ouverture E M posez un pied en P, & de l'autre pointe coupez la ligne S c au point c.

Pour construire le petit Zodiaque prenez la distance O C, que vous porterez de E vers A & vers B, pour les Tropiques de *Cancer* ♋ & du Capricorne ♑; prenez la distance 4 b & la portez de même au point E, pour la parallèle des Gemeaux ♊ d'un côté & celui du Verseau ♒ de l'autre; prenez enfin la distance X a pour marquer du même point E d'un côté le parallèle de ♉, & de l'autre celui des ♓, c'est-à-dire, qu'il faut prendre les distances X a, 4 b, o c sur les lignes N a, O b, P c depuis leur intersection X 4 o, avec la Méridienne jusqu'aux extrémités a b c, & les porter chacune successivement au point E à droite & à gauche sur le petit Zodiaque, que vous formerez comme il se voit en la figure.

Pour avoir les points des Heures, du centre E & de l'intervalle E M, décrivez le cercle M T Z V, divisez-le en 24 parties égales, aussi-bien que le grand cercle A B C D; & de chaque division opposée tirez des lignes droites, sçavoir celles du grand cercle parallèles à la ligne A B, & celles du petit cercle parallèles à la ligne C D; or les sections de ces lignes seront les points des Heures, ce qu'il faut entendre des sections les plus proches du grand cercle. Tracez par ces points une courbe addoucie, qui en ce cas est un ovale, comme la figure le montre. Les Heures du matin sont à gauche, & celles du soir à droite.

Pour avoir les Demies-heures, on divise les cercles en 48 parties égales, & en deux fois autant pour avoir les Quarts.

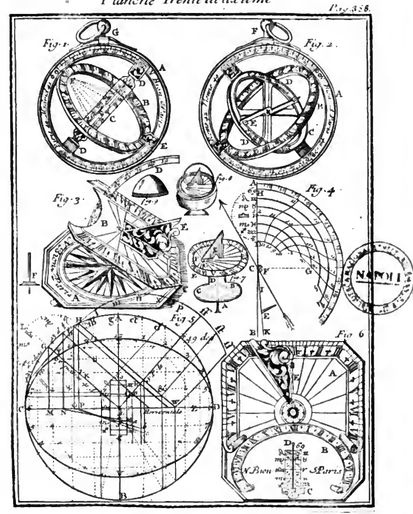
Le tout étant ainsi préparé, transportez avec un compas sur une autre plaque de laiton (*fig.* 6.) toutes les sections des Heures dans la circonférence de l'ovale B, en les traçant légérement de point en point, & gravez-y ces mêmes Heures comme elles sont marquées en la figure 6.

Transportez-y aussi le Trigône des signes, prenant avec un compas toutes les distances les unes après les autres, de telle sorte que les signes du Belier ♈ & de la Balance ♎ soient dans la ligne de 6 H. Placez-y les caractéres des signes & les premiéres lettres des mois chacun en leur ordre. Le milieu du Trigône doit être fendu pour y faire couler le curseur C, qui porte le Style droit D, qui se leve & se couche par le moyen de deux petits tenons.

Sur l'autre partie de la même plaque on trace un Cadran Horisontal, suivant les régles ordinaires pour la même Latitude qu'a été faite l'Analemme; on y place le Style ou axe E, perpendiculairement sur la ligne de Midi, qui se leve, se baisse & se tient droit par le moyen d'un ressort qui est sous la plaque.

Usage.

Placez ce Cadran bien parallèle à l'Horison, mettez le curseur avec son Style droit sur le jour du mois ou sur le dégré du signe que le Soleil


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6
fig. 7
fig. 8
fig. 9
Horizontale
N. Bion
à Paris

parcourt ; tournez l'Instrument jusqu'à ce que les deux Cadrans s'accordent & marquent la même Heure.

Si le Style droit du Cadran analemmatique marque, par exemple, 10 H. du matin, il faut que l'axe du Cadran Horisontal marque pareillement 10 H. En ce cas ce sera la véritable Heure. La commodité de ce Cadran est qu'il marque l'heure sans ligne Méridienne, & sans aiguille aimantée; mais pour bien faire, il faut qu'il soit un peu grand.

Construction d'un Cadran Pôlaire oriental & occidental Universel.

CEt Instrument est composé d'une piéce circulaire de cuivre ou autre métail. Elle doit être bien droite & bien égale d'épaisseur, & un peu forte pour conserver son poids perpendiculaire & y faire une rainure autour du bord, dans laquelle doit couler un pendant semblable à celui que nous avons décrit pour l'anneau Astronomique. XXXIIe Planche. Fig. 1.

Du centre de cette piéce décrivez la circonférence d'un Demi-cercle & la divisez en deux fois 90 d. Du point 90 & par le centre tirez une ligne droite, qui sera l'Equinoxiale. Vers le haut de cette ligne choisissez un point à volonté, duquel vous tirerez une perpendiculaire sur l'Equinoxiale, qui sera la ligne de 6 H. Pour avoir les autres Heures portez sur ladite Equinoxiale de part & d'autre du point d'intersection, les tangentes convenables, comme celle de 15 d. pour les points de 5 & de 7 H.; la tangente de 30 d. pour 4 & 8 H. celle de 45, pour 3 & 9 H. Cette tangente, qui est égale au rayon, est la longueur du Style, dont l'extrémité doit répondre perpendiculairement sur le point où la ligne de 6 H. coupe la ligne Equinoxiale. Les Heures de ce Cadran sont paralléles entre elles & à l'axe du monde, comme nous l'avons dit ci-devant en parlant des Orientaux & Occidentaux, & elles se tracent de même.

Sur la ligne de 9 h. du matin & de 3 h. après-Midi on ajuste aux points C C deux petits tenons de charniére, pour y placer la piéce marquée V, laquelle se couche sur la piéce circulaire & se leve, de maniére qu'elle s'y arrete à angle droit. On marque sur cette piéce les Heures d'un Cadran Pôlaire depuis 9 H. du matin jusqu'à Midi, & depuis Midi jusqu'à 3 H. du soir. Nous ne parlerons pas davantage de la division de ces Heures, ni de la maniére de placer les signes sur tous ces Cadrans Orientaux, Occidentaux & Pôlaires, l'ayant fait ci-devant en son lieu.

Les paralléles des signes sont divisés de 10 en 10 d. & l'on a ajoûté les premiéres lettres des noms des mois chacune en leur place, vers le haut de la plaque circulaire, auprès du point de 90 d.

On ajuste le Style B avec une charniére, afin qu'il puisse se lever & se coucher sur ladite plaque; mais il faut qu'il se leve de maniére que sa pointe réponde juste sur le point de 6 H. en la ligne Equinoxiale, comme nous l'avons dit, & que sa hauteur soit égale à la distance de 6 à 9 H. Cela se peut faire facilement par le moyen d'une petite queue faite de biais au bas du Style, ce qui l'empechera de se lever plus qu'il ne le doit.

Usage.

SI c'est avant Midi, placez la petite ligne, qui est au milieu du pendant sur le dégré de l'élévation du Pôle du lieu où vous etes, au quart où est

écrit : *Heures avant Midi.* Levez le Style & préſentez votre Cadran au Soleil, le tenant ſuſpendu par l'anneau, en ſorte que le bout de l'ombre du Style tombe ſur le jour du mois courant ; & vous y verrez l'Heure préſente ſur l'Oriental ou ſur le Pôlaire.

Mais ſi c'eſt après-Midi, mettez le pendant ſur la latitude du lieu au quart où eſt écrit : *Heures après Midi.* Tournez le Cadran au Soleil de maniére que le bout de l'ombre du Style tombe ſur le dégré du ſigne ou ſur le jour du mois courant. Il y marquera l'Heure préſente ſur l'Occidental ou ſur le Pôlaire.

Il eſt aiſé de remarquer que le Cadran Oriental étant retourné de cette maniére devient Occidental, & que les heures ſe trouvent paralléles à l'axe du monde.

Voilà à peu près la conſtruction & les uſages des Cadrans portatifs qui s'orientent ſans Bouſſole ou ſans ligne Méridienne : Ce ſont les plus faciles dont on puiſſe ſe ſervir. Nous allons donner encore un abregé de la deſcription de quelques autres Cadrans que nous faiſons, qui ne laiſſent pas que d'être aſſez curieux ; mais leur conſtruction eſt un peu plus embarraſſante.

Cadran Horiſontal portatif.

CE Cadran, qui eſt le premier de ceux que nous venons d'annoncer être d'une conſtruction différente des précédens, & dont nous ne donnerons pas ici la figure, eſt un Horiſontal de deux ou trois pouces en quarré, que l'on fait de cuivre ou de quelqu'autre métail, diviſé pour une élévation particuliére de Pôle : Son axe, qui marque les heures, eſt une ſoie arrêtée par un bout au centre dudit Cadran, l'autre bout s'attache au haut d'une lame de cuivre un peu forte, qui eſt placée à l'extrémité du Cadran ſur la ligne de 12 H. ; cette lame ſe couche & ſe tient auſſi droite par le moyen d'un reſſort, qui eſt deſſous ledit Cadran ; la hauteur de la coche ou petite arrête pour retenir la ſoie, eſt égale à la tangente de la hauteur du Pôle, comme pour Paris, de 49 d.

Environ au quart de la hauteur de la lame on ajuſte un cercle d'une grandeur proportionnée à la grandeur de la plaque du Cadran ; ce cercle ſe plie d'un côté par le moyen d'une charniére, & de l'autre il y a un appui pour l'arrêter à la hauteur de l'Equateur, qui eſt pour Paris, 41 d. en ſorte que ce cercle ſe couche ſur la lame, & la lame ſur la plaque du Cadran Horiſontal : Il faut ſur tout que le centre de ce cercle réponde juſte dans la ſoie qui ſert d'axe lorſqu'elle eſt tendue.

On diviſe ce cercle dans ſa concavité en Heures, Demies & Quarts du Cadran Equinoxial, comme un des cercles de l'anneau Aſtronomique ; on paſſe la ſoie dans une très-petite perle ou une téte d'épingle, que l'on conduit ſur le ſigne que parcourt le Soleil, & qui ſert de curſeur pour marquer les Heures dans le milieu de la concavité du cercle Equinoxial.

Pour placer cette tête d'épingle ſur le ſigne ou le mois convenable, il faut avoir à part une petite régle de cuivre étroite, ſur laquelle on aura tracé les ſignes du Zodiaque & les quantiémes du mois en la maniére qu'on les trace ſur la petite regle, qui eſt au milieu des anneaux Aſtronomiques, c'eſt-à-dire que la déclinaiſon du Soleil ſe prend de l'extrémité du cercle Equinoxial, & que le rayon de l'Equateur doit partir en ligne droite du

sommet intérieur dudit cercle, & les signes d'un côté & d'autre suivant leurs déclinaisons.

Pour placer la petite perle au point où elle doit être pour marquer les Heures, on place ladite régle, depuis le centre du Cadran Horisontal, au long de la soie qui sert d'axe, & l'on coule la petite perle sur le dégré du signe que le Soleil parcourt, ensuite on tire la petite régle.

On trace une ligne perpendiculaire derriére la lame qui tient le cercle Equinoxial, d'où on laisse pendre une soie, au bout de laquelle on aura attaché un petit plomb pour mettre le Cadran de niveau. On peut rendre ce Cadran universel, en ajustant une portion de cercle derriére la lame, & qui se couche dessus par le moyen d'une charniére; cette portion de cercle doit être divisée en dégrés, & le haut de ladite lame d'où pend le plomb, servira de centre; par ce moyen on pourra élever plus ou moins le côté du centre du Cadran, suivant l'élévation du Pôle, en faisant pendre la soie qui porte le plomb sur la latitude du lieu. Il est bon de dire aussi qu'on peut retrancher au cercle Equinoxial les heures depuis 8 h. du soir jusqu'à 4 h. du matin, afin qu'il puisse servir au tems des Equinoxes. L'ouvrier intelligent suppléra facilement à l'abrégé de cette construction, d'autant que le simple exposé que l'on en fait, peut suffire à l'imagination pour en avoir une juste idée.

Usage.

AYant placé la petite tête d'épingle sur le signe ou sur le jour du mois, on exposera le Cadran au Soleil, & on le tournera de côté & d'autre, jusqu'à ce que la soie qui sert d'axe, marque la même Heure sur le Cadran Horisontal, que la petite perle qui est au milieu & dans la concavité du cercle Equinoxial: & ce sera la véritable Heure.

Avant de finir ce chapitre, les Curieux ne seront pas fachés d'apprendre que nous faisons encore d'autres Cadrans portatifs, comme un Astrolabe Horisontal suivant la projection orthographique des cercles de la Sphére, sur le plan de l'Horison; d'autres suivant l'Astrolabe de Royas, qui servent verticalement par le moyen d'un plomb; des Cadrans Horisontaux faits par les hauteurs du Soleil, qui s'orientent aussi sans aiguille aimantée, dont les signes du Zodiaque sont tirés en lignes droites & d'un même centre, & les lignes des heures en lignes courbes; comme aussi d'autres Cadrans portatifs, qui sont assez utiles & récréatifs, dont nous nous réservons de donner ailleurs la construction & les figures.

Les Cadrans Horisontaux où les signes sont tracés, comme celui de la Planche 30. (*fig.* 1.) peuvent aussi s'orienter sans Boussole, en plaçant au Soleil ledit Cadran, de maniére que l'ombre du Style droit donne sur le dégré du signe que le Soleil parcourt ce jour-là; mais ce qu'il y a d'incommode, c'est que la distance du signe de *Cancer* est si petite avec les signes voisins, qu'on ne peut distinguer le quantiéme de 10 en 10 jours; de sorte que quelque chose qu'on fasse il est presque impossible de faire un Cadran portatif qui s'oriente sans Boussole ou sans ligne Méridienne, sans tomber dans l'un de ces deux inconvéniens, qui sont ou d'avoir les Heures fort serrées vers le Midi, ou d'être de peu de précision dans le tems des Solstices, à cause du peu de différence qui se trouve alors dans l'élévation & la

déclinaison du Soleil. Se vanter de faire autrement, ce seroit promettre ce qu'on ne pourroit tenir.

CHAPITRE VI.

Construction & usages des Cadrans Lunaires & aux Etoiles.

Construction d'un Cadran Horisontal Lunaire.

Fig. 2. ON appelle *Cadran Lunaire*, celui qui montre de nuit aux rayons de la Lune, l'Heure qu'il est au Soleil, c'est-à-dire, en quel cercle Horaire est pour lors le Soleil.

Ce Cadran est composé de deux piéces de laiton ou d'autre matiére solide, de grandeur à volonté.

La platine inférieure marquée H, est en forme de parallélogramme, & la supérieure marquée A, est circulaire & doit tourner autour de la partie ombrée & du centre marqué B. Sur la platine supérieure sont tracées les Heures du Cadran dont est question, pour la Latitude du lieu, suivant les régles ci-devant expliquées.

La platine inférieure porte un cercle divisé en 30 parties inégales pour les jours du Mois Lunaire. Pour faire cette division : Soit la ligne Equinoxiale DE qui a servi à tracer le Cadran Horisontal, & son centre diviseur F, duquel ayant décrit le cercle ponctué G, divisez ce cercle en 30 parties égales, ou la moitié en 15 ; & la régle étant mise au centre F, tournez-la sur toutes les divisions de ce cercle, & marquez des points sur la ligne Equinoxiale ; ensuite mettez la régle au centre B, & sur tous les points de division de la ligne Equinoxiale, pour diviser le cercle H ; quand vous en aurez la moitié, transportez les mêmes divisions sur l'autre demi-cercle, & par ce moyen tout le cercle se trouvera divisé en 30 parties inégales pour les 30 jours du mois Lunaire, autour desquels on gravera les chifres, comme la figure le montre.

Placez l'axe ou Style BC à la hauteur du Pôle du lieu & disposez-le de maniére qu'étant élevé il n'empêche pas la platine des Heures de tourner autour du centre B ; faisant en sorte que sa base n'excéde pas le demi-diamétre de la circonférence ombrée.

Usage.

IL faut sçavoir le quantiéme de la Lune par le moyen des Ephémérides & des Epactes dont nous allons donner des définitions, afin d'appliquer le point de 12 heures sur le jour de la Lune.

Les *Ephémérides* sont des Tables dont se servent les Astronômes. Elles leur font connoître les places des Planétes chaque jour à Midi, & les aspects de ces mêmes Planétes entr'elles. C'est encore par le secours de ces Tables qu'on calcule les Eclipses, qu'on forme les systémes du Ciel & les prétendus Horoscopes. Mais le second usage de ces Tables ne nous regarde point ici. Ce mot est tout Grec, ἐφημερίς, *Journal*, ou Livre de ce qui arrive chaque jour.

Epacte

Epacte (qui est encore un autre terme Grec, ἐπακτὴ jour *intercalaire*) signifie l'addition d'onze jours que l'année Solaire contient de plus que l'année Lunaire. Car l'année Lunaire est composée de douze conjonctions avec le Soleil, lesquelles sont de 29 jours 12 h. De ces 12 conjonctions on a fait des mois de 29 & 30 jours alternativement. Tous ces mois font 354 jours & forment l'année Lunaire, qui, comme on voit, a 11 jours de moins que l'année Solaire, qui en a 365. Or ces 11 jours en font 33 au bout de 3 ans. On en fait alors une Lune ou un treiziéme mois de 30 jours, ce qui s'appelle *intercalation*; & comme les 3 jours qui restent étant joints avec les 3 fois 11, en font 36 au bout de 3 autres années, on *intercale* encore; & il reste alors 6 jours de différence entre le Soleil & la Lune. Ainsi pour avoir l'Epacte courante, on commence à compter du premier Mars la nouvelle Epacte, à laquelle on ajoûte 11; si le nombre qui en résulte passoit 30, on retrancheroit ces 30, & le reste seroit l'Epacte cherchée; mais s'il étoit simplement 30, on compteroit 1, & non pas 30. Rendons ceci plus sensible par un exemple. Nous voulons sçavoir l'Epacte de la présente année 1752. Pour cet effet, ajoûtons le nombre de 11 à celui de 3, qui étoit l'Epacte de l'année derniére 1751: Or ces deux nombres font 14, qui est précisément l'Epacte ou l'âge de la Lune pour 1752.

On trouvera dans presque tous les Calendriers, qui sont à la tête des Livres d'Heures ou Offices de l'Eglise, des Tables qui marquent les Epactes.

Quant à l'âge de la Lune, on le connoît par le moyen de l'Epacte de l'année courante, en opérant de cette maniére. Ajoûtez le nombre des mois passés, en commençant par Mars, au nombre des jours du mois présent & à l'Epacte de l'année où vous étes; alors la somme totale sera l'âge de la Lune. Si cette somme excéde 30, on rejette ces 30, & l'on prend l'excédant. Par exemple, l'Epacte de cette année-ci 1752 est 14. Cela posé, nous voulons sçavoir l'âge de la Lune au 25 Mars; pour cet effet, nous ajoûterons à 14 le nombre des mois 1, & pour celui des jours du mois ledit nombre de 25; alors la somme totale sera 40, de laquelle ôtant 30, il restera 10, à quoi l'on ajoûtera cependant encore 1: ce qui donnera 11, pour l'âge de la Lune, d'autant qu'elle se joint au Soleil presque d'un jour plutôt que ne donne l'Epacte.

Cette maniére de trouver l'âge de la Lune n'est pas si exacte que par le calcul des Ephémérides.

Si l'on veut une plus ample instruction sur cette matiére, on la trouvera expliquée fort au long au chapitre 6. 3e Livre de la nouvelle & derniére édition de notre *Usage des Globes* pag. 350. & suivantes.

On doit remarquer que la Lune par son mouvement propre s'éloigne du Soleil chaque jour vers l'Orient d'environ 48 m. d'heure, c'est-à-dire, que si étant nouvelle ou conjointe au Soleil elle se trouve un jour avec lui dans le Méridien, le lendemain elle passera par ce même Méridien environ trois quarts d'heure & quelques minutes après le Soleil, ce qui fait que les jours Lunaires sont plus grands que les jours Solaires. On appelle *jour Lunaire* le tems depuis le passage de la Lune par le Méridien jusqu'au passage immédiatement suivant. Ces jours sont fort inégaux à cause de l'irrégularité du mouvement apparent de la Lune.

Quand la Lune est Pleine, c'est-à-dire, opposée au Soleil, elle se re-

trouve dans le même cercle Horaire que le Soleil, de sorte que si en ce tems-là le Soleil étoit, par exemple, au Méridien de nos Antipodes, la Lune seroit dans notre Méridien & marqueroit par conséquent sur nos Cadrans la même Heure que feroit le Soleil, s'il étoit sur notre Horison. Mais cette conformité ne dure pas long-tems, puisqu'à chaque Heure elle retarde d'environ deux minutes. De même si le Soleil au tems de son opposition se couche sous notre Horison, la Lune lui étant alors diamétralement opposée, elle se levera sur notre Horison, & ainsi du reste. C'est pour remédier à son retardement qu'on a divisé ce cercle en 30 parties. Le point de 12 H. du Cadran Horisontal étant mis exactement vis-à-vis de l'âge de la Lune, le Cadran orienté par le moyen d'une Boussole ou d'une ligne Méridienne marquera l'Heure présente; mais pour l'avoir plus exactement, il faudroit sçavoir si la Lune est dans le premier, le second ou le troisiéme quart de son jour, afin de mettre le point de 12 H. à proportion en l'espace de son quantiéme de Lune.

Cette même pratique sert aussi pour les Cadrans Verticaux; mais pour les Equinoxiaux, la division se fera en 30 parties égales. La roue mobile qui porte les Heures sera divisée en 24 parties aussi égales; & le reste se fera de même que ci-devant.

Pour construire la Table qui est au bas de la plaque du Cadran dont nous venons de parler, tirez quatre lignes paralléles droites ou courbes longues à volonté, divisez l'espace I I en 12 parties égales pour les 12 H. & les deux autres espaces K K en 15, pour y marquer les 30 jours Lunaires, comme on voit fig. 2. Planche 33.

Cette Table sert à faire connoître l'Heure qu'il est au clair de la Lune par le moyen d'un Cadran ordinaire.

Pour faire usage de cette Table voyez à un Cadran Solaire l'Heure que la Lune y marquera, puis sçachant l'âge de la Lune, voyez vis-à-vis son âge dans cette Table l'Heure qui y correspond, à laquelle ajoûtez l'Heure marquée par ledit Cadran; & si la somme des deux ensemble n'excéde pas 12, vous aurez alors la vraie heure; ou si ce total excéde 12, cet excédent vous donnera pareillement la vraie Heure.

Supposons donc que le Cadran Solaire marque, par exemple, 6 H. au clair de la Lune & que son âge soit de 5 jours ou bien de 20, on verra par la Table vis-à-vis de ces derniers chiffres 5 & 20, 4 H. lesquelles ajoûtées à 6 font 10, qui sera l'Heure présente. Si à tel jour la Lune marquoit 8 H. il seroit minuit.

Pareillement si la Lune marquoit 9 H. (à son 10me ou 25me jour, ausquels répondent 8 H.) on diroit 8 & 9 font 17; ôtez 12, restent 5, pour la vraie Heure, & ainsi des autres.

Construction d'un Cadran pour connoître l'Heure aux Etoiles.

Fig. 3. ON voit ici l'arrangement des principales Etoiles qui composent la Constellation de la grande Ourse & celle de la petite Ourse autour du Pôle & de l'Etoile Polaire.

Le Cadran aux Etoiles, dont nous allons parler, se fait par la connoissance du mouvement journalier, que font autour du Pôle ou de l'Etoile Polaire lesdeux Etoiles de la grande Ourse que l'on appelle ses Gardes ou

la Claire du quarré de la petite Ourse. On suppose ici que l'Etoile Pôlaire qui varie tant soit peu, n'est éloignée du Pôle que d'environ deux dégrés.

Pour la construction de ce Cadran il faut préalablement sçavoir l'Ascension droite de ces Etoiles ou à quels jours de l'année elles se trouvent dans le même cercle Horaire que le Soleil; ce qui se peut connoître par le calcul Astronomique ou par un Globe, ou avec un Planisphére céleste construit sur les nouvelles observations, en mettant sous le Méridien l'Etoile dont il s'agit & en examinant quel dégré de l'Ecliptique se trouve en même tems sous ce Méridien.

Par cette méthode on a dû trouver que l'ascension droite de l'Etoile pôlaire pour l'année 1725 étoit o d. 38 m. 30 sec., dont la longitude étoit 24 d. 48 m. 2 sec. & la latitude Septentrionale 66 d. 3 m. 20 secondes.

Que le 21 Septembre l'ascension droite du Soleil étoit à 11 h. 54 m. 3 secondes.

L'ascension droite de l'Etoile de la grande Ourse α 162 d. 50 m. 40 sec. en tems 10 h. 50 m. 21 secondes.

L'ascension droite de l'Etoile de la grande Ourse β 177 d. 55 m. 45 sec. en tems 11 h. 51 m. 43 secondes.

L'ascension droite de la Claire de la petite Ourse 147 d. 34 m. 20 sec. en tems 9 h. 50 m. 34 secondes.

Que le 31 Mars l'Etoile pôlaire a passé au Méridien à 24 h. 1 m. 55 sec. ou à Midi 1 m. 65 secondes.

Que le 3 Octobre l'Etoile pôlaire passoit au Méridien à 12 h. 2 m. 52 sec. ou à minuit 2 m. 52 secondes.

Que le 17 Août la Claire de la petite Ourse passoit au Méridien à 24 h. 3 m. 23 sec. ou à Midi 3 m. 28 secondes.

Que le 13 Février la Claire de la petite Ourse passoit au Méridien à 12 H. 1 m. 46 sec. ou à Midi 1 m. 46 secondes.

Voilà l'état du Ciel à l'égard de ces Etoiles pour ladite année 1725 & les suivantes sans beaucoup d'erreur sensible pour ce Cadran.

On voit par-là que ces Etoiles marqueront les 31 Mars & 21 Septembre les mêmes Heures que le Soleil; mais comme chaque jour les Etoiles fixes retournent au même Méridien plutôt que le Soleil d'environ 1 d. ou 4 m. d'heure, ce qui fait 2 H. par mois; c'est pourquoi il faudra y faire attention pour avoir l'heure du Soleil.

Ces connoissances étant présupposées, il sera facile de construire un Cadran aux Etoiles, en la maniére suivante.

Cet Instrument est composé de deux plaques circulaires appliquées l'une sur l'autre; la plus grande a un manche pour tenir à la main l'Instrument dans les usages qu'on en fait.

La plus grande roue, qui a environ deux pouces & demi de diamétre, est divisée en 12. pour les 12 mois de l'année, & chaque mois de 5 en 5 jours; de sorte que le milieu du manche répond justement au jour de l'année, auquel l'Etoile dont on veut se servir a même ascension droite que le Soleil. Si cet Instrument est fait pour les deux Gardes de la grande Ourse, par exemple, il faut que le 21[me] jour de Septembre soit vis-à-vis le milieu du manche; & s'il est fait pour la Claire de la petite Ourse, il faut que le 17 Aout ou le 13 Février soit au milieu du manche. C'est pourquoi si Fig. 4.

l'on veut que le même Cadran serve pour l'une & pour l'autre de ces Etoiles, il faut rendre le manche mobile autour de ladite roue, afin de l'arrêter où l'on voudra ; ce qui est facile à faire par le moyen de deux petites vis.

La roue de dessus, qui est la plus petite, doit être divisée en 24 parties égales ou deux fois 12 H. pour les 24 H. du jour, & chaque Heure en quarts selon l'ordre qui paroît en ladite figure. Ces 24 H. se distinguent par autant de dents, dont celles où sont marquées 12 H. sont plus longues que les autres, afin de pouvoir compter les Heures pendant la nuit sans lumiére.

A ces deux roues on ajoûte une régle ou alidade qui tourne autour du centre & dont la longueur excéde la plus grande circonférence.

Ces trois piéces doivent être jointes ensemble par le moyen d'un clou à tête percé de telle sorte, qu'il ait au centre un petit clou d'environ deux lignes de diamétre, pour voir facilement à travers l'Etoile pôlaire. Il est à propos que le mouvement de ces piéces soit un peu ferme, afin que chacune reste où on la met pendant l'observation.

Usage.

TOurnez la roue des Heures, jusqu'à ce que la plus grande dent, où est marqué 12 H. soit sur le jour du mois courant; approchez l'Instrument de vos yeux, le tenant par le manche, en sorte qu'il ne panche ni à droite ni à gauche & qu'il soit à peu-près parallele au Plan de l'Equateur ; & ayant vu par le trou du centre l'Etoile pôlaire, tournez l'alidade jusqu'à ce que son extrémité, qui passe au-delà des circonférences des cercles, rase la Claire du quarrée de la petite Ourse. Si l'Instrument est disposé pour cette Etoile, la dent de la roue des Heures, qui sera sous l'alidade, marquera l'Heure présente, que vous pourrez connoître sans lumiére en comptant les dents depuis la plus grande, qui est pour 12 H.

Cette Etoile que nous appellons *la Claire de la petite Ourse*, est une des deux qui forment le derriére du quarré. Elle precéde l'autre dans le mouvement journalier & est moins éloignée qu'elle de l'Etoile pôlaire. On fait la même opération pour les Gardes de la grande Ourse, quand l'Instrument est fait pour ces Etoiles.

Les deux Etoiles, que nous appellons *les Gardes de la grande Ourse*, sont presque en ligne droite avec l'Etoile pôlaire & sont de sa même grandeur. Ces deux Etoiles servent beaucoup à la faire connoître.

CHAPITRE VII.

Construction d'une Horloge à l'eau.

XXXIII Planche Fig. 5

CEtte Horloge est composée d'une espéce de Tambour ou boëte ronde, marquée B, faite de métail & bien soudée; dans laquelle il y a une certaine quantité d'eau préparée & plusieurs cellules, qui ont communication les unes avec les autres par un petit trou, qui est près la circonfé-

rence & qui ne laisse écouler l'eau, qu'autant qu'il est nécessaire pour faire descendre peu à peu cette Montre par son propre poids. Elle est suspendue aux points A A par deux ficelles d'égale grosseur & qui sont entortillées autour de l'aissieu de fer marqué D, qui traverse de part & d'autre à angles droits le milieu juste du Tambour & qui en descendant sans faire aucun bruit, montre les Heures par les deux bouts dudit aissieu. Les Heures sont marquées des deux côtés de la Boëte sur un plan vertical. Leurs divisions se font en cette maniére : On remonte le Tambour en tortillant la ficelle, jusqu'à ce qu'il soit au haut du plan où l'on veut commencer la division des Heures; puis on laisse descendre ce Tambour pendant 12 H. en se réglant sur une bonne Pendule ou sur un Cadran au Soleil; on divise ensuite tout l'espace que l'aissieu a parcouru, en autant de parties égales qu'il s'est écoulé d'Heures ou de demi-heures, puis on place les Heures vis-à-vis de ces parties.

Il se fait aussi de ces Machines, qui marquent les Heures par une aiguille qui tourne autour d'un Cadran de Pendule ordinaire, comme la même figure le montre. Cela se fait par le moyen d'une roue ou poulie de 4 à 5 pouces de diamétre, qui est attachée derriére le Cadran par une verge de cuivre ou d'acier qui la traverse au centre. Un des bouts de ladite verge est retenu dans un petit trou qui lui sert de support, & l'autre bout porte l'aiguille qui marque les Heures. Ladite aiguille tourne par le moyen d'un cordon de soie torse un peu grosse, qui passe autour de la poulie & qui a un de ses bouts accroché à l'aissieu à l'endroit marqué H; on attache à l'autre bout de la soie un petit plomb, comme F; & alors le Tambour descendant doucement entraîne avec lui le crochet H & fait tourner en même tems la poulie, qui fait elle-même tourner l'aiguille, laquelle par ce moyen marque l'Heure qu'il est. La circonférence de la poulie doit être proportionnée à l'espace ou distance que l'aissieu du Tambour a occupé pendant 12 H., c'est-à-dire, qu'on prend avec une ficelle la longueur juste de cette distance, & l'on fait une poulie dont la circonférence soit juste de la longueur de cette ficelle, alors la poulie & l'aiguille auront fait un tour autour du Cadran en 12 h. Quand le Tambour descend un peu trop vîte, & que la Montre avance, alors on met un plomb en F un peu plus pesant, & quand il va un peu trop doucement, il en faut mettre un plus leger. On fait aussi de ces Montres, qui servent de Réveil-matin, par le moyen d'une détente qu'on ajuste au-dessous de l'Horloge; & ayant placé l'aissieu sur cette détente, on met l'aiguille sur l'heure qu'on veut s'éveiller, puis on remonte le Tambour, & l'on replace l'aiguille sur l'Heure qu'il est; & le lendemain l'axe du Tambour posant sur la détente le fera tomber; alors un cordon, auquel est attaché un plomb, étant passé autour d'une petite poulie de cuivre, fait mouvoir une roue de balancier, qui par son mouvement fait frapper avec vîtesse un petit marteau sur un timbre, jusqu'à ce que le plomb soit en bas.

On ajoûte une répétition fort simple à ces Horloges. On fait couler dans deux rainures faites le long d'un des côtés de cette Horloge une tringle de bois, de sorte qu'elle ne fasse qu'un même plan vertical avec un des côtés A E; cette tringle est traversée d'une pointe verticale vers le haut, qui répond au haut du Cadran vertical, de sorte que, quand elle est tirée par le cordon C, la tringle descend, & la pointe s'arrête sur l'axe du Tam-

bour au point qu'elle le rencontre : & afin que son poids ne l'attire pas toujours vers le bas, à cette tringle est attachée derriere le Cadran vertical une corde avec un poids, laquelle corde tournant sur une poulie retire toujours cette tringle vers le haut. Cette tringle à sa surface opposée se trouve traversée en dedans de la boëte par autant de pointes & à distances égales des Heures du Cadran vertical. Vers le bas & en dedans de la Boëte est un pied-de-biche, qui se présente à ces pointes. Ce pied répond par une corde à un marteau qui frappe sur un timbre autant de coups que ledit pied-de-biche est rencontré & abaissé par les pointes ausquelles il se présente, quand par le cordon C la tringle est attirée vers le bas ; ce qui fait, que quand on tire le cordon C, on fait sonner autant de coups qu'il y a de pointes depuis le haut du Cadran vertical jusqu'au point où la cheville, qui est en dehors joint l'axe du Tambour qui l'arrête. Ainsi quaud ce Cadran vertical commencera par 1 h., on aura précisément autant de coups sonnés qu'il est d'Heures marquées sur le Cadran vertical jusqu'à 12, après quoi il faudra compter une, & suivre. Il faut tirer le cordon C assez lentement pour donner le tems au pied-de-biche de se remettre en état, & au marteau de frapper.

Si au même pied-de-biche & par-delà son centre, on attache une corde à une bascule du même marteau, quand on lâchera le cordon lentement les pointes en remontant, feront frapper autant de coups qu'il y a de demi-heures passées. Si donc le nombre des coups en remontant est égal à celui des coups sonnés en descendant, il s'ensuivra qu'il est l'Heure sonnée en descendant & une demie avec. Si au contraire le nombre des coups en remontant est moindre d'un coup que ceux sonnés en descendant, il s'ensuit qu'il n'est que l'Heure qui a été sonnée en descendant & peut-être un quart avec. On conçoit bien qu'il faut que le pied-de-biche pour le retour du cordon soit ajusté par expérience pour convenir aux demi-heures.

Construction du Tambour.

Fig 6. Il se fait quelquefois d'argent battu ; mais pour l'avoir plus facile, on le fait d'étain fin. Le diamétre de chaque fonds est d'environ 5 pouces, & tout le Tambour a deux pouces d'épaisseur tout monté. Il doit être bien parallèle & bien égal en tout sens ; le dedans est divisé en sept cases ou cellules & quelquefois en cinq, comme la figure le marque. On ajuste autant de plans inclinés en languettes de même matiére, qu'on soude à chaque fonds & à la circonférence concave du Tambour ; elles sont longues d'environ deux pouces chacune, comme BF, AL, EI, DH, CG. Elles ont une telle pente en tournant, qu'elles reçoivent l'eau par un petit trou, qui est percé au haut de chaque languette & vers la circonférence. C'est par ces trous que l'eau passe d'une cellule à l'autre. A mesure que cette machine roule en descendant, elle marque les Heures sur un plan vertical par l'extrémité de l'axe qui la traverse à angles droits en entrant en son milieu dans un trou quarré M. On met ordinairement dans les Tambours de cette grandeur 6 à 7 onces d'eau distillée. Car si elle n'étoit pas distillée, il faudroit la changer souvent, parce qu'il se formeroit un limon ou crasse autour des petits trous qui sont aux extrémités des deux languettes ; ce qui empêcheroit l'eau de passer comme il faut. Nous donnerons ci-après la maniére de distiller l'eau.

Avant que de mettre l'eau, il faut avoir grand soin de bien souder les

lames au fond & à la circonférence; on les soude d'abord sur un des fonds, puis on a un petit quarré d'argent qu'on ajuste aux deux fonds & qui traverse le Tambour; ensuite on soude la bande en cercle qui forme la circonférence; de manière que l'eau ne puisse sortir par aucun endroit. On la fait entrer par deux trous posés sur un même diamétre & éloignés également du centre M, puis on les bouche bien en les soudant de la même matiére, afin d'empêcher l'air d'entrer & l'eau d'en sortir dans les mouvemens que la machine fait, en tournant avec son aissieu & en descendant insensiblement par le dévelopement des deux cordes fines qui entortillent l'axe.

Cette construction se fait de cette maniére, quand les Tambours sont faits d'argent; mais lorsqu'ils sont faits d'étain, (qui sont les plus commodes) on fond dans un moule la circonférence avec un des fonds, ensuite on tourne l'une & l'autre en-dedans & en-dehors, afin que le tout soit bien égal d'épaisseur; puis on acheve le Tambour de la maniére que nous venons de l'expliquer, en soudant les cellules avec de la soudure d'étain, & se servant pour cela de petits fers chauds.

On voit par la figure 6. que les languettes ou divisions, qui sont en-dedans du Tambour, ne viennent point se joindre les unes aux autres, mais finissent en G, H, I, L, F, afin que lorsqu'on remonte le Tambour, l'eau passe vite d'une division dans l'autre, de sorte que le Tambour reste à telle hauteur qu'on voudra, parce qu'à chaque mouvement qu'on lui donnera en le remontant, l'eau passant en grosse quantité par les vuides qui seront de G en M, elle prendra aussi-tôt son équilibre; ce qui n'arriveroit pas, si les cases étoient absolument fermées, parce que les petits trous qui sont aux extrémités des languettes n'étant pas suffisans pour faire écouler l'eau aussi promptement qu'il le faudroit, l'eau ne passeroit alors que goutte à goutte par ces petits trous.

Il est évident que si cette Pendule étoit suspendue par son centre de gravité, comme il arriveroit si la surface de l'aissieu passoit exactement par le centre de la machine, elle demeureroit immobile, & que ce qui la fait mouvoir est qu'elle est suspendue hors de son centre de pesanteur par les ficelles, qui entourent son aissieu, qui ne doit avoir, par rapport à la grandeur du Tambour & à l'eau qu'il contient, qu'environ une ligne ou une ligne & demie de grosseur, & être bien égal en toute sa longueur. Il n'est pas nécessaire d'avertir qu'il doit être quarré par le milieu, afin de remplir juste le trou des fonds du Tambour.

De la grosseur de l'aissieu dépend la vitesse ou la modération du mouvement du Tambour; car plus l'axe est gros, plus il descend vîte; & moins il a de diamétre, plus il va lentement, en ce qu'il y a plus ou moins d'excentricité, & par conséquent l'eau passe plus ou moins vîte d'une cellule à l'autre; ce qui fait que la force de son mouvement se trouve plus ou moins balancée par la pesanteur de l'eau que contient la cellule opposée.

Si on vouloit avoir le plaisir de voir la circulation de l'eau dans une de ces machines, on pourroit faire faire un Tambour, dont un des fonds seroit vitré. Toute la difficulté ne seroit que de trouver un mastique, qui pût faire tenir les morceaux de glace qui composeroient ce fond sur le métail du Tambour.

Pour monter cette Montre, quand elle est descendue presqu'au bas des

cordes, il faut la hausser avec la main en la faisant tourner, en sorte que les cordes s'entortillent tout au long de l'aissieu également, & qu'il soit suspendu horisontalement.

Pour distiller facilement sans feu l'eau que nous avons dit devoir être mise dans les Tambours, on la fera passer dans une bouteille de verre ou de terre bien nette. Pour cet effet on mettra dans son ouverture un entonnoir de telle grandeur qu'on voudra, dans lequel on inserera deux morceaux de papier blanc faits aussi en entonnoir; puis ayant versé l'eau, on la fera passer goutte à goutte dans la bouteille. On répétera cette opération plusieurs fois, au moyen de quoi l'eau deviendra pure & claire, & se conservera long-tems. On filtre encore l'eau au travers d'un morceau de drap; & l'ayant fait repasser quatre à cinq fois, on lui ôte toute sa crudité & son impureté.

On peut mettre un peu d'eau distillée avec du thym ou du romarin, ou de l'esprit-de-vin parmi l'eau, pour l'empêcher de geler l'hiver. Mais comme ces ingrédiens la rendroient un peu mordiquante, & par ce moyen pourroient faire agrandir les trous des cellules, il vaudroit mieux la laisser seule & attacher la machine à un endroit où elle ne pût pas geler dans le grand froid.

On peut faire de ces sortes d'Horloges, dont le Tambour seroit enfermé dans une Boëte à pendule ordinaire. En diminuant la grosseur de la ficelle & celle de l'aissieu du Tambour, on pourra tellement rallentir le mouvement du Pendule qu'il ne descendra en 24 H. que d'environ 10 pouces. Il pourroit sonner les Heures & marquer les autres choses que marquent les Pendules à roues les plus curieuses.

Si le tuyau du milieu du Tambour est rond au lieu de quarré qu'il a
Fig. 8. coûtume d'être, il faudra y passer un axe rond qui portera une aiguille à une de ses extrémités. Alors si l'on met ce Tambour sur & au bord d'un plan incliné, le Tambour descendra tout doucement, & l'aiguille qui est attachée à son axe restant toujours perpendiculaire à l'Horison par son propre poids, marquera l'Heure sur le bord du Plan incliné, à mesure que le Tambour descendra, pourvû qu'on ait eu soin de diviser en 12 parties l'espace que le Tambour aura parcouru en 12 H. Il faut pour cela que le Tambour soit bien tourné & d'égal diamétre à un fond & à l'autre, & que le plan incliné soit bien poli & égal. Pour remonter le Tambour, il n'y aura qu'à le porter au haut du plan & le mettre sur l'Heure. Il ne faut ni corde ni contre-poids pour cette Horloge, qui sera soutenue sur le plan par le contre-poids de l'eau, laquelle s'écoulant lentement d'une case à l'autre, fera perdre avec lenteur l'équilibre au Tambour.

CHAPITRE VIII.

Construction d'un Cadran pour connoître les vents sans sortir de sa chambre.

XXXIII Planche Fig. 7. IL faut attacher au plancher de la chambre, ou au manteau de la cheminée, ou à une muraille, un grand cercle divisé en 32 airs ou rhumbs de vents, de sorte que le Nord & le Sud répondent à la ligne Méridienne : ce qu'on

qu'on pourra facilement faire par le moyen d'une Bouſſole. Il faut que le Cadran dont on veut faire uſage, ait une aiguille mobile autour de ſon centre, comme les Cadrans des Horloges ordinaires, & que cette aiguille ſoit attachée à un aiſſieu perpendiculaire à l'Horiſon, lequel aiſſieu ſe puiſſe mouvoir facilement au moindre vent, & ce par le moyen d'une giroüette qui doit être placée au-deſſus du toît de la même chambre. Car le vent faiſant tourner la giroüette fera auſſi tourner ſon aiſſieu & en même tems l'aiguille qui lui eſt attachée, laquelle de cette maniére montrera ſur le Cadran le vent qui ſoufle.

Par le mouvement de la giroüette A B, qui doit être de fer, & fixément attachée avec l'aiſſieu C D, cet aiſſieu auſſi tourne avec elle. Cette branche de fer eſt poſée verticalement à l'Horiſon, & ſoutenue en haut par le plan horiſontal E F, qui eſt une piéce de fer attachée à quelque endroit pour maintenir l'aiſſieu. Au bas dudit aiſſieu eſt poſé un quarré d'acier G H, ſur lequel eſt frappé un coup de pointeau pour faire entrer la pointe de l'axe qui doit être d'acier trempé, ſur lequel il s'appuie en D; de ſorte que ne s'appuyant preſque que ſur un point, il puiſſe ſe mouvoir avec beaucoup de facilité & au moindre vent. Le pignon I K doit avoir ſeize ailes cannelées & égales pour les ſeize principaux vents. On fait engrainer dans ces ailes les dents du rouet L M, qui en a auſſi 16, ſuivant les vents marqués au Cadran, & qui par ce moyen eſt mis en mouvement par la giroüette, & fait auſſi tourner ſon aiſſieu P Q, qui étant poſé paralléle à l'Horiſon, traverſe le mur T à angles droits auſſi-bien que le Cadran qu'on attache à la muraille. L'aiguille R, qui marque les vents, eſt attachée au bout de cet aiſſieu & fait le même mouvement que lui. Les noms des vents doivent être diſtingués au Cadran par des lettres capitales, comme aux Bouſſoles dont nous avons parlé ci-devant. Fig. 7.

On voit par la diſpoſition de toute la machine que le vent faiſant tourner la giroüette A B, elle entraîne avec elle le grand aiſſieu C D, qui fait auſſi tourner en même tems le pignon I K, auquel engrainent les dents du rouet L M. Ce rouet faiſant tourner le pignon auſſi bien que ſon axe, entraîne par conſéquent l'aiguille qui lui eſt attachée à l'extrémité; & par ce moyen on a le plaiſir de ſçavoir le vent qui regne, ſans ſortir de ſa chambre.

Quand le lieu où l'on veut placer le Cadran eſt un peu éloigné du haut de la maiſon où doit être toûjours placée la giroüette, on peut allonger le grand axe tant qu'on voudra avec des vis, & même faire des renvois par des pignons & des roues; tout cela eſt facile à entendre.

La conſtruction de cette machine ſe trouve expliquée dans le ſecond tôme des *Récréations Mathématiques* de M. Ozanom, d'où nous avons tiré une partie de celle que nous venons de donner.

Conſtruction d'un Anémométre, pour connoître la force des vents.

FAites un chaſſis A B, au haut duquel ſeront percés deux trous pour recevoir dans l'épaiſſeur des deux montans A B l'aiſſieu C, qui porte la roue à vent D, en ſon milieu, entre les montans la poulie E, & au bout l'aiguille F. Le Cadran G eſt attaché ferme au montant B, & diviſé en 32 parties; il a ſon centre percé comme le montant, & traverſé par l'aiſſieu C. On attache à chaque montant deux traverſes H I; celle H eſt percée à XXXIII Planche. Fig. 9.

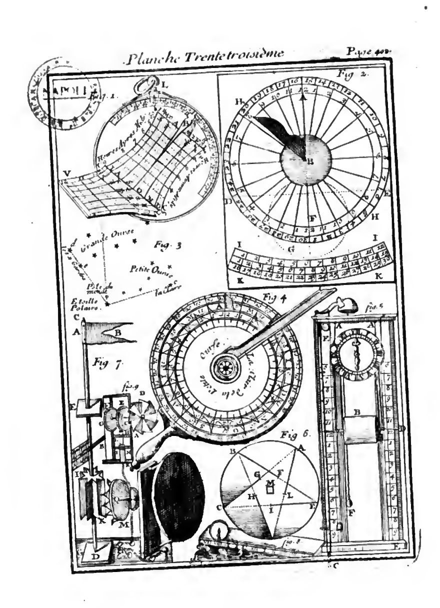
plomb sous le creux de la poulie E; celle I de même, mais d'un plus grand trou. Faites passer le tuyau K dans les trous des traverses H I en L M, pour faire tourner librement le chassis sur le tuyau; arrêtez bien le tuyau sur l'endroit exposé au vent; attachez une corde à la poulie E, laquelle passera dans le tuyau jusqu'à ce qu'elle vienne joindre & tourner sur une poulie dont l'aissieu portera l'aiguille du Cadran: le reste de cette corde sera chargé de plusieurs petits poids en chapelet, & posé sur un plan horisontal. Quand le vent souflera, la poulie E enlevera les petits poids en nombre suffisant pour faire contrepoids à la violence du vent: cette corde ainsi tirée fera tourner l'aiguille, & marquera le dégré de force du vent. On attachera une maniére de giroüette au montant B, qui fera tourner les ailes ou la roue au vent D du côté convenable.

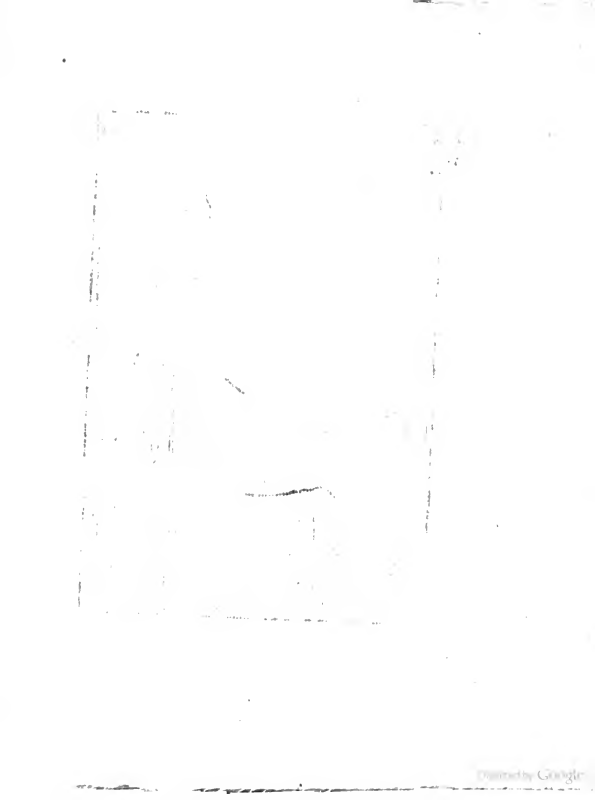
M. le Comte d'Onsembray a fait construire un de ces Instrumens en grand pour sa Maison de campagne à Bercy près Paris. Sa description se trouve fort au long dans les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'année* 1734. A ce sujet M. l'Abbé Nollet a dit (dans ses *Leçons de Physique expérimentale*, *pag.* 497 *du Tome* 3. imprimé à Paris en 1745.) que de toutes les Machines propres à mesurer la force des vents, il n'y a rien de plus ingénieux ni de plus complet que celle-là; que non seulement elle marque la direction & la vitesse des vents, mais encore qu'elle en tient compte pour l'Observateur absent; ensorte que l'on voit après 24 heures, quels vents ont régné, & quelles ont été pendant cet espace de tems la durée & la vitesse de chacun.

Le même Auteur ajoûte: » On peut connoître la force relative des » vents par le moyen d'un petit Moulin, dont l'arbre est garni d'une fusée » conique, sur laquelle on enveloppe une corde qui tient un poids suspendu; car en exposant cette machine à l'air libre & dans une direction » convenable, le petit Moulin tourne d'abord, & s'arrête ensuite, quand » le poids qui tire sur la fusée lui fait équilibre; or comme les rayons de » cette fusée sont connus, ou faciles à connoître, on peut aisément comparer les forces qui ont fait équilibre aux vents en différens tems. » &c.

Fin du huitiéme Livre.




Fig. 1.
Fig. 2.
Grande Ourse
Fig. 3
Petite Ourse
Pôle du monde
Etoille Polaire.
Fig. 4
fig. 5
Fig 6.
Fig 7.
fig. 9
fig. 8
Ourse





DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DE PLUSIEURS INSTRUMENS DE MATHEMATIQUE, DE PHYSIQUE, & de Machines différentes, qui ont raport à ce Traité.

LIVRE NEUVIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

Construction du Compas pour tracer les grandes circonférences de cercle.

CETTE figure 1 représente le petit compas pour tracer de très-grands cercles, soit dans la Fortification soit dans l'Architecture. Cette machine inventée par Mr Perrault (qu'il a communiquée au Public dans son Vitruve) consiste en trois piéces, qui sont deux roues A, C, & l'aissieu B. Ces deux roues ne sont pas d'un même diamétre; A est la plus grande, attachée à l'axe ou aissieu marqué BHI; C est l'autre roue plus petite, qui peut couler le long de l'axe & être arrêtée par la vis D sur le dégré qui marque le diamétre du cercle, de la circonférence duquel on veut décrire une portion. Ces roues ont chacune deux tranchans, dont l'un est aigu pour marquer la ligne simple E, l'autre est dentelé & marque la ligne ponctuée G : les dents sont pour empêcher que la machine ne vacille, lorsqu'on appuie sur l'axe pour faire qu'en rou- *XXXIV Planche. Fig. 1.*

lant, elle imprime sa route, qui fait les traces. H I est l'échelle gravée sur l'axe où sont les dégrés qui marquent les toises, les pieds & les pouces, qu'a le diamétre du cercle dont on veut décrire une portion. Car à mesure qu'on fait approcher la roue mobile C de l'extrémité I de l'axe, la machine décrit la portion d'un plus grand cercle, parce que ces deux roues inégales en diamétre représentent un cône tronqué, dont la portion est celle d'un cône d'autant plus long que les roues sont plus éloignées l'une de l'autre. On sçait que de deux cônes qui ont une même base, celui dont le sommet est plus éloigné de la base, décrit avec la circonférence de sa base un plus grand cercle lorsqu'on le fait rouler sur un plan, que ne fait celui dont le sommet est plus proche de la base & qui est plus court. Les divisions sur l'axe de H en I se font par expérience, quoiqu'il soit possible de les faire par le calcul. On peut tracer un cercle de trente toises de diamétre avec un pareil compas de quinze pouces.

Usage.

ELoignez une roue de l'autre d'autant de divisions qui seront marquées & que vous souhaiterez sur l'axe ; serrez la vis D, & appuyant sur l'axe entre les deux roues, faites rouler la machine sur un plan égal, sur lequel ces roues peuvent marquer comme leurs routes, vous décrirez le cercle demandé. La figure fait voir que plus ces roues seront éloignées l'une de l'autre, plus le cercle sera grand en diamétre.

Pour tracer le fust des colonnes, leurs retrécissemens ou renflemens, on se servira du compas à verge à trois pointes, dont nous avons parlé au Livre III. pag. *69.* & que la Fig. K, de la Planche VIII. représente.

CHAPITRE II.

Des Machines Hydrauliques.

LEs principales Machines Hydrauliques destinées à élever l'eau sont ou simples, ou composées. Nous mettons au rang des simples les roues creuses, les chapelets & les vis d'Archiméde : les composées sont les pompes telles qu'elles puissent être.

Construction d'une Roue propre à élever l'eau.

XXXIV Planche. Fig. 2. ATtachez un peu obliquement à la circonférence de la Roue A B C plusieurs auges, de maniére que quand la Roue tourne sur son aissieu, ces auges puisent l'eau inférieure pour la décharger tour à tour dans le vaisseau commun D, qui est un peu éloigné de la Roue, afin de laisser passer ces auges vuides en descendant.

Usage.

SI l'on attache des ailes de moulin ordinaire à cette Roue en les plaçant sur le courant d'une riviére, elle tournera & enlevera l'eau ; mais au

défaut d'un courant comme sur le bord d'un réservoir, on ajoûtera à cette Roue & sur son aissieu une autre roue comme celle qu'on met aux grues pour élever les fardeaux, en y faisant marcher des hommes ou un cheval. Cette sorte de roue à auges est préférable aux autres, en ce qu'elle éléve l'eau de toute la hauteur de son diamétre. On en voyoit une au Château de Bélébat près Fontainebleau sur la Riviére d'Estampes qui portoit 50 pieds de diamétre; elle portoit des arcs de circonférence & étoit mise en mouvement par le courant de l'eau. Il faut avoüer que cette machine a bien des avantages, même sur les pompes & par sa simplicité, & parce que le premier & le plus simple Charpentier ou Charron peut remédier à tous les accidens.

Construction d'un Chapelet propre à élever l'eau.

LA figure 3me représente la Machine qui élevoit l'eau pour jaillir dans le jardin de la Bibliothéque du Roi à Paris. Avec une partie de la chute d'un bassin ou d'une source foible, ce Chapelet éleve l'autre partie de l'eau à une hauteur considérable.

A est le bassin où l'eau est supposée contenue; B est la cuvette de dessous dans laquelle l'eau du bassin A se décharge de ce qu'il a de trop; C est le bout du tuyau qui conduit cette eau, D D sont les godets du petit Chapelet qui montent, F F sont les mêmes godets qui descendent; G est le tuyau par lequel la cuvette de dessous se décharge dans le godet H qui est à sa hauteur; quand ce godet est plein il s'en va par-dessous; & à cause de sa figure en pointe, l'eau coule dans le godet inférieur I; & ainsi de suite pour tous les godets qu'on ne voit pas & qu'on suppose descendre dans le puits sec. K K sont ces mêmes godets qui montent vuides & renversés. L L sont ces mêmes godets qui descendent droits & vuides jusqu'en H; M est la cuvette de dessus, N le tuyau qui porte l'eau de cette cuvette dans le bassin A pour y faire son jet. O est un délai composé d'une roue concentrique à celle qui porte les godets, d'un pignon & d'un balancier qui servent à donner un mouvement égal & non précipité & par saut à la machine. P P est le tambour qui porte les godets.

Usage.

QUand les godets H I & leurs inférieurs sont pleins & d'un poids plus fort que les petits D D qui sont aussi pleins, ils font tourner le tambour & enlevent ceux D D, qui se vuident en M. Les godets H I arrivés au fond du puits se renversent aussi & se vuident tour à tour. Ils ne remontent vuides que quand d'autres godets s'étant remplis par le tuyau O, ont acquis assez de poids pour enlever encore d'autres godets D D.

Si le tambour, qui porte les godets H L K, est plus grand en diamétre que celui qui porte les godets F D quoique concentrique, alors on perdra moins d'eau; mais la cuvette M ne sera pas si élevée non plus que le jet; ou bien si le puits est de deux fois plus creux que B M, les godets H L K en même nombre seront plus éloignés les uns des autres, & l'on perdra encore moins d'eau quoique la cuvette M, le tambour & les godets H L K restent les mêmes.

Construction d'une Pompe aspirante.

VOus voyez que A B est une Pompe aspirante, B G est un vaisseau de cuivre ou d'étain qu'on fait entrer juste dans le bout du tuyau AB ; ce vaisseau est percé de plusieurs trous en B, pour donner passage à l'eau & en arrêter en même tems les saletés. Il peut se mettre & retirer à volonté au moyen de deux vis. Mais si l'on veut, on attache tout simplement au bout du tuyau A B un panier lié avec une corde, & une toile au bout du tuyau A B, ce qui produit le même effet que le vaisseau B G.

Il seroit à propos que la Pompe A B fût de trois piéces, qui seroient jointes & retenues ensemble par des vis, si elle est en cuivre, ou liées par des cercles de fer, si elle est de bois. La premiere piéce seroit faite depuis A jusqu'en C, & d'un plus petit diamétre d'ouverture; la seconde depuis C jusqu'en H : son diamétre seroit plus grand, & égal intérieurement à la grosseur du piston; la 3me depuis H jusqu'à B, d'un diamétre égal à A C. Ainsi le corps de la Pompe s'étendroit depuis C jusqu'en H, tellement que la partie C H seroit le corps de pompe, plus large que le tuyau A C, & la partie de H B auroit moins de diamétre que le corps de pompe de toute son épaisseur. Au dessous du vaisseau B G, & au bout du corps de pompe (qui n'est autre qu'un tuyau de bois rélié de deux cercles de fer en C & en H, ou qu'un tuyau de cuivre) est une soupape H, retenue par des charniéres ou par des cloux, si elle n'est que de cuir. C E est le piston de bois bien arrondi & tellement revêtu de cuir qu'il fasse exactement le tour du renflement & sans couture, mais le cuir retenu par des cloux dans des rainures dessus & dessous le renflement en E & en F. Ce même piston est percé en F d'un trou à peu près du diamétre du tuyau A C, & ce trou est couvert par la soupape F ; laquelle est faite de cuir, attachée sur le rebord d'un piston & chargée d'une plaque pesante de plomb, & d'un diamétre plus grand que le trou. Enfin K est le manche du piston ; A I est un tuyau ou canal soudé à A C, comme il se voit en la figure, pour recevoir & rendre l'eau quand elle est montée vers A.

Usage.

QUand avec un levier ou manivelle on baisse le piston K E, l'air qui étoit entre E H passe sur F, & ferme la soupape F par son poids, de sorte qu'en levant le piston, l'eau étant moins pressée en B G, souleve la soupape H & entre dans la cavité H E. Quand le piston C E est encore abaissé, l'eau ne peut sortir par H où elle étoit entrée à cause de la soupape H fermée. Cette eau passe donc par le canal E F, souleve la soupape F & se place sur le piston C E, & après plusieurs reprises le reste du tuyau F A s'emplit, & se dégorge par l'ouverture I : le piston C E pourroit être élevé de l'eau d'environ 25 pieds, & n'avoir qu'un demi-pied de jeu en montant & descendant.

Construction d'une Pompe foulante.

CEtte Pompe s'appelle *foulante*, parce que ce n'est qu'en foulant ou pressant le piston qu'on l'a fait agir. Ce piston n'est point percé. Ce n'est

qu'un cylindre qui a seulement un collet revêtu de cuir bien attaché.

Remarquez que cette figure B O est un tuyau de métail d'égale grosseur, mais coudé en O, où il devient d'un diamétre plus petit; au-dessus de O est un collet pour joindre le tuyau D avec des vis en M. Entre ces collets on met un cercle de cuir, & entre ces cercles une platine percée sur laquelle est attachée une soupape, comme celle de la précédente Pompe, qui s'ouvre vers D. Le gros tuyau a son piston R & sa soupape E, laquelle s'ouvre vers O N. A ce gros tuyau ou corps de Pompe est attaché un autre tuyau qui peut avoir environ 25 pieds de longueur, lequel est tellement plongé dans l'eau qu'il y a son ouverture Q. Cette ouverture est fermée d'une plaque de cuivre percée de plusieurs petits trous pour laisser passer l'eau & retenir les saletés. Le tout est soutenu d'une charpente.

Usage.

Le piston R étant élevé par quelque puissance que ce soit, comme levier, manivelle, corde &c. l'eau entre par les trous de la piéce Q & ouvre la soupape E vers O : elle remplit la capacité E C. Le piston étant abaissé avec le secours des susdites puissances, l'eau contenue en E C ne peut plus retourner vers Q, parce que la soupape E est fermée par l'eau, & cette eau oblige l'autre soupape, contenue dans le collet M, de s'ouvrir pour entrer en D & s'y élever. Si on éleve encore le piston R, l'eau contenue de M en D ne peut plus descendre entre M & C, parce que la soupape M étant fermée par son poids l'en empêche. Aussi-tôt de nouvelle eau entrant par Q ouvre la soupape E & vient se loger en E C, & pareillement, comme nous venons de le dire, en M D à plusieurs reprises, jusqu'à ce que le tuyau montant D soit entiérement rempli d'eau pour se vuider ensuite par son ouverture.

Comme il est toujours assez difficile d'empêcher les saletés de se glisser avec l'eau par les trous qui sont en Q, on renverse cette Pompe, & le manche du piston s'attache à une espéce d'étrier E F G, ainsi que les lignes ponctuées de la fig. 6 le montre; & le tuyau B O tourne en sens contraire. La puissance alors est appliquée en L. En baissant le piston par le moyen de l'étrier, l'eau entre, & elle est foulée en le relevant. On appelle ces Pompes *aspirantes & refoulantes* tout ensemble : *aspirantes* par le tuyau D M, & *refoulantes* par le tuyau Q. Alors les soupapes M & E doivent être placées & tournées de façon qu'elles s'ouvrent en sens contraire.

Construction d'une Pompe propre à fournir continuellement de l'eau.

On a donné dans la derniére Edition des *Récréations Mathématiques* de Mr Ozanam, la construction d'une pareille pompe, laquelle est composée de trois tuyaux, quatre sou-papes & un piston avec un collet qui doit l'embrasser bien juste. Cette machine est fort ingénieuse. Nous en proposons une qui ne seroit pas moins utile, peut-être la trouvera-t-on plus simple. G P H est l'étrier ordinaire, L le lieu où est appliquée la puissance, A le corps de pompe; c'est un tuyau fort ouvert par les deux bouts A B, l'ouverture B fermée d'une platine de plomb ou de cuivre percée de plusieurs petits trous; ce tuyau A B a une séparation O O forte & épaisse, Fig. 7.

deux ouvertures près de cette cloison en Q Q ; E E sont deux pistons faits comme ceux de la pompe foulante à étrier fig. 5. ci-dessus ; N Z deux soupapes ordinaires, *m m* des écrous qui joignent le tuyau D à celui A B, C est une sou-pape en losange qui ferme une ouverture Q quand elle ouvre l'autre Q, & qui pour cela a sa charniere forte, & contre la séparation O O du tuyau A B ; mettez toute la machine dans l'eau bien soutenuë & retenue à quelque charpente.

Usage.

ON pourroit appeller cette *Pompe continuelle*, parce qu'elle ne cesse de fournir de l'eau, soit qu'on léve ou qu'on baisse l'étrier. En effet quand l'étrier G P H descend, l'eau entre par A & la sou-pape Z dans la cavité O Z Q, en même tems le piston E N descend en O Q dans la partie supérieure de A B ; si on éleve l'étrier G P H, la sou-pape Z est fermée par le poids de l'eau en O Z Q, l'eau pressée passe par le trou inférieur Q, ouvre la sou-pape C, qui ferme le trou Q supérieur & entre dans le tuyau D ; pendant ce tems le piston N E s'est aussi levé, & l'eau est entrée dans la partie du tuyau supérieur en N O Q. Si donc on baisse l'étrier G P H, la sou-pape N se ferme par la rencontre de l'eau qu'elle presse, laquelle est obligée de s'échapper en D par le trou Q ; & la sou-pape C du tuyau supérieur (laquelle s'ouvre du côté du tuyau supérieur) se ferme du côté de l'inférieur & l'eau monte en D avec la premiére. Si on reléve encore l'étrier, on recommencera ce qu'on a déja fait ; mais si l'on baisse l'étrier, ce sera l'eau de la partie B du tuyau qui montera en D ; si on éléve l'étrier, ce sera l'eau de la partie A qui montera en D. L'adresse consiste à bien joindre le tuyau D à celui A, & à bien faire la sou-pape C en losange.

CHAPITRE III.

Construction d'un Chassis à dessiner des vûes.

Fig. 8. CE Chassis est un instrument composé d'un petit cylindre creux marqué A en forme de tuyau de lunette, bouché par un bout, & percé à ce bout d'un petit trou B, pour servir de visiére à l'œil C : ce cylindre est porté sur le pivot D ; ce pivot est attaché perpendiculairement à la piéce de bois E de 7 ou 8 pouces de long. Dans cette piéce sont entaillées deux tringles de bois F F de 2 ou 3 pieds de long sur 3 pouces de large, & un d'épaisseur ; & par l'extrémité G les tringles sont emboëtées comme en E. Ensuite on fait un chassis quarré-long comme le cadre d'un tableau H I K L dont les bords larges d'un pouce sont percés d'un pareil nombre de petits trous également éloignés les uns des autres sur chaque bord opposé. On passe des soies par ces trous, sçavoir du trou d'en haut à celui d'en bas, & d'un côté à l'autre pour faire des quarreaux avec ces soies, semblables à ceux des raquettes à jeu de paulme. Dans le bord inférieur sera faite une mortoise pour y faire couler perpendiculairement au cadre les tringles F F qu'on arrêtera au point de longueur qu'on souhaitera avec une vis dessous N ; enfin on ajustera un pied à cet instrument, qui consistera en un pied

pied ordinaire d'instrument, avec cette différence, que la boule, qui roule dans la coquille du genou, sera attachée à un morceau de bois percé comme le bord inférieur du cadre, afin d'y laisser couler les tringles F F : & afin qu'on les puisse arrêter où l'on voudra sur le pied, on mettra la vis N au-dessus de ce morceau de bois, ou en dessous, comme on le trouvera plus commode.

Usage.

SOit proposée la vûe d'une Côte ou d'un Château à dessiner, pour servir de reconnoissance aux voyageurs, ou de divertissement à la vûe. Après avoir regardé par le compas de variation à quel dégré de déclinaison est cette Côte ou ce Château par rapport au lieu où l'on est, on dressera à terre le Chassis sur son pied, ou on placera la machine auprès de quelque mât si l'on est sur mer, tournant le cadre H I K L vers l'objet, & le cylindre C vers l'œil. On fera sur une feuille de papier autant de carreaux qu'il y en a dans le Chassis par les soies qui se croisent. On mettra l'œil au cylindre, & l'on verra par quel carreau du Chassis passe, par exemple, le rayon qui vient du haut d'une Tour, pour le dessiner sur le papier dans le carreau qui répond à celui par où passe ce rayon dans le Chassis. On fera de même pour le pied de la Tour, & pour toutes les parties de l'objet qu'on rapportera sur le papier dans les carreaux correspondans à ceux par où ces parties envoient leurs rayons jusqu'à l'œil. Par ce moyen on aura une vûe sur le papier telle qu'elle paroît sur la terre.

Si le cadre du Chassis n'embrasse pas tout l'objet qu'on veut dessiner, on en avancera le point de vûe A, ou bien on approchera le Chassis du cylindre A le long des tringles E F, alors l'angle formé par les côtes du cadre, & l'œil étant plus grand, on découvrira plus d'étendue. On pourroit même promener le cylindre vers O, ce qui le mettroit en alignement avec le côté du cadre & donneroit le double d'étendue à ce cadre; parce que quand on auroit dessiné tout le côté droit qui auroit rempli le cadre de ses rayons, on porteroit le cylindre à droit en alignement avec l'autre bord du cadre, pour dessiner tout le côté gauche de l'objet qui rempliroit le cadre de ce seul côté.

Construction d'un autre Chassis servant à dessiner sans sçavoir le dessein.

CEt Instrument est un Pentographe posé & attaché à un plan vertical, comme le cadre ci-dessus A E; la feuille de papier sur laquelle on conduit le porte-crayon est aussi attachée ou collée sur ce plan vertical; & au lieu d'une pointe perpendiculaire au Pentographe, laquelle est conduite sur tous les traits du dessein à copier, c'est ici un petit index C. A quelque distance, comme d'un pied ou deux, on éleve perpendiculairement à l'Horison sur une tige un point de vûe B, qui n'est autre chose qu'un morceau de cuivre percé d'un petit trou & placé de sorte que le plan vertical A E & l'index C soient entre le paysage qu'on se propose de dessiner & le petit trou B. Fig. 9.

Fff

Usage.

REgardez par le trou B le paysage en question, conduisez le plan vertical A E à telle distance que vous voudrez de B vers l'objet à dessiner, & conduisez l'index C du Pentographe, de sorte qu'il cache successivement les contours du paysage en les regardant par le point B; alors le crayon E du Pentographe décrira ces mêmes contours, avec cette différence qu'il faudra renverser la feuille de papier pour y voir le paysage dessiné. Il n'y a qu'à consulter ce que nous avons dit ci-dessus du Pentographe Livre III. Chap. II. pag. 73.

Ce Pentographe pourroit être construit, de maniére à ne pas faire craindre que le poids de sa partie supérieure entrainât l'inférieure, en lui Fig. 10. donnant la figure d'un double parallélogramme, comme en la figure 10. Il est composé de deux longues régles & de quatre petites: le centre du mouvement est toujours au milieu, & le reste est comme au Pentographe ordinaire.

Construction d'un Oeil artificiel & d'une Chambre obscure portative.

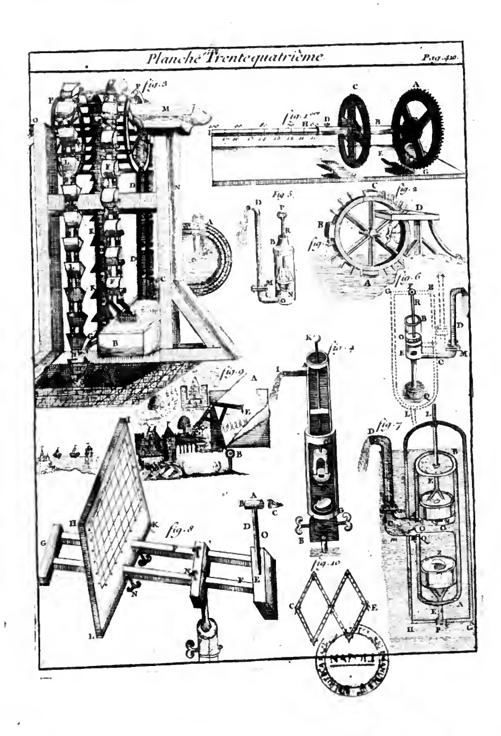
NOus avons enseigné Livre IV. chap. VI. pag. 141 & 142, de quelle maniére les objets se peignent dans l'œil par l'expérience de la chambre fermée. Il faut convenir que cette peinture se trace très-imparfaitement sur une toile opposée au trou fait dans la fenêtre d'une chambre exactement fermée de toute autre part; c'est pourquoi nous avons aussitôt ajoûté qu'il falloit mettre un verre convéxe à ce trou pour avoir sur une toile placée au foyer de ce verre une image très-nette & très-distincte des objets de dehors éclairés du Soleil. On a suppléé à l'embarras de fermer une chambre exactement par la construction d'un œil artificiel que nous décrivons ici, telle que défunt M[r] Poliniere, si connu par l'habileté & l'adresse qu'il avoit à pratiquer les *expériences de Physique*, nous l'a donné dans son Recueil qui porte ce titre d'après M[r] Ozanam qui l'avoit déja donné dans ses *Recréations Mathématiques.*

Une espéce de boule de bois creuse à peu près faite comme une boëte à savonnette forme la principale partie de l'œil artificiel. A un de ses pôles XXXV. Planche. Fig. 11. B C est un trou où est placé un verre convéxe ou lenticulaire dont le foyer est de la longueur de tout le diamétre de la boëte. Il est bon que ce diamétre ou foyer soit d'environ 5 à 6 pouces, afin de pouvoir produire quelqu'effet agréable. A l'autre pôle A H de la boule est un autre trou plus grand que celui B C, que l'on ferme avec un vélin ou papier huilé collé en dedans de la boëte, ou avec une glace qu'on a dépolie.

On supplée à cette boule par deux tuyaux G & F, qui entrent l'un dans l'autre, & qui sont noircis en dedans. En F est placé le verre convéxe, & en G est le vélin huilé qu'on avance ou recule à volonté.

Usage

PLacez dans l'obscurité l'œil en A H pour regarder le verre dans l'ouverture B C, on appercevra distinctement tous les objets extérieurs qui s'y représentent avec toutes leurs couleurs très-vives, mais en sens contraire à la nature, c'est-à-dire que tous les objets seront vûs renversés; ainsi les


fig. 1.
fig. 2
fig. 3
fig. 4
Fig. 5.
fig. 6
fig. 7
fig. 8
fig. 9
fig. 10



clochers, par exemple, paroitront en haut & leurs pointes en bas. Comme aussi ce qui est à droite paroitra à gauche, & ce qui est à gauche paroitra à droite.

L'image n'est exacte & distincte sur le vélin huilé, que quand il est à certain point, parce que c'est-là que les rayons de lumiére, partis de différens points de l'objet & brisés en B C, en entrant & sortant de la lentille ou verre convéxe, se réunissent, & que plusieurs rayons venant d'un même point de cet objet sur toute la surface du verre, se rassemblent en un seul point à son foyer. C'est pourquoi la boule doit s'ouvrir à vis ou à coulisse en D E, afin de pouvoir éloigner ou approcher plus ou moins les deux pôles B C & A H; de sorte que l'on saisisse le foyer de ce verre, & que l'objet s'y peigne plus distinctement. L'ouverture B C sera comme la prunelle de l'œil humain, & le verre les humeurs, qui renfermées dans les tuniques convéxes en sont le crystallin & autres parties de cet organe; & H A sera comme la rétine, sur laquelle l'objet se peignant délicatement, affecte ou ébranle cette rétine, où aboutit par mille rameaux l'extrémité du nerf optique.

Si l'objet n'est pas directement opposé au verre convéxe, l'image sera d'autant plus confuse que l'inclinaison sera plus grande, parce que les rayons, qui viennent d'un même point de l'objet sur toute la surface de la lentille, se brisant, feront en leur réunion un angle plus obtus, dont la pointe moins vive touchera d'une maniére moins nette le vélin huilé ou le filet du nerf optique. C'est de cet attouchement plus ou moins vif & net que se fait la vision plus ou moins distincte. C'est par cette raison qu'on ne voit pas également toutes les parties d'un même objet qui se présente, à moins qu'on ne tourne l'œil successivement vers chaque partie.

Si le vélin huilé est trop près de la lentille, l'image de cet objet sera plus confuse par cette même raison, puisque les rayons n'étant pas encore réunis en leurs points convenables, ils ne feront pas cette pointe ou pinceau qui doit toucher en un point le vélin ou le nerf optique. Cette image y sera même plus petite, parce que ces rayons brisés ne seront pas tant écartés qu'ils le pourroient être les uns des autres.

Si au contraire le vélin huilé est trop éloigné, l'image de l'objet sera encore confuse, parce que les rayons ne seront plus réunis dans leurs points convenables.

Plus l'ouverture B C est grande & plus il y entre de rayons, plus par conséquent il se présente d'objets sur le vélin huilé, pourvû que la convexité du verre soit la même. Il faut cependant que ce vélin soit dans l'obscurité du verre, parce que la clarté est un obstacle à la distinction des objets: on pourroit même dire que c'est la clarté seule qui borne la distance de la vûe de toutes choses d'ailleurs égales, parce que plus l'objet est éclairé & plus l'œil est dans l'obscurité, obscurité néanmoins qui est telle que les rayons de l'objet peuvent venir à lui. Moins ces rayons seront traversés & agités, mieux ils se conserveront, & plus la vision sera distincte & de distance considérable.

C'est par cette raison que plus un objet est éloigné & plus l'image en est petite, parce que les angles des rayons venus de différentes parties de l'objet sont plus petits.

C'est encore par cette raison qu'il faut un peu avancer le vélin huilé de

la lentille à mesure que l'objet s'est éloigné notablement, comme il faut l'éloigner quand l'objet s'en approche jusqu'à certain point, lors duquel on ne voit plus que confusion. C'est ce que nous faisons quand nous regardons un objet voisin ou éloigné, nous n'approchons pas & ne reculons pas la rétine, mais nous ouvrons plus ou moins la prunelle, & nous avançons ou reculons l'uvée & le crystallin.

Mais quand l'objet est à une distance convenable, comme de deux cens pas, il ne faut plus toucher au vélin, il faut se contenter de l'image telle qu'elle se présente, parce qu'alors les rayons de l'objet peuvent passer pour paralléles entre eux, & soit qu'on avance ou qu'on recule le vélin, il ne passera pas plus de rayons par l'ouverture B C qu'il en passoit auparavant.

On conçoit aisément que non-seulement dans cet œil artificiel le verre B C tient la place des differentes humeurs de l'œil, & le vélin celle de la retine; mais encore que cette machine est une chambre obscure portative & propre à dessiner les objets extérieurs, dont voici la pratique.

Usage.

Ayant tourné cet œil vers un objet éclairé du Soleil & s'étant couvert la tête d'un manteau & en ayant enveloppé la machine, excepté la lentille, on passera un crayon sur tous les traits peints sur le vélin huilé pour avoir une perspective très-exacte mais renversée. On redressera ce dessein ou perspective, en ajoûtant au foyer de la lentille une autre lentille d'une moindre sphére, laquelle renverra les rayons redressés à son foyer où le vélin huilé aura été placé. Ou bien, sans ajoûter de seconde lentille, mettez un miroir plat en la place du vélin huilé, inclinez ce miroir de 45 dég. & faites une ouverture au-dessus du tuyau laquelle vous couvrirez d'un papier huilé, alors les objets peints en sens renversés sur ce miroir seront réfléchis & peints par ce miroir sur le papier huilé en leur situation naturelle, parce que l'angle de réflexion étant égal à celui d'incidence, l'image renversée de l'objet vient horisontalement sur le miroir; ce miroir étant incliné de 45 dégrés, il renvoye l'image droite sous un plan horisontal qui le couvre.

Principes d'Optique, de Perspective, de Dioptrique & de Catoptrique.

C'Est sur de pareilles expériences que les Physiciens ont établi les régles de l'Optique. Les uns, ne considérant que les effets produits par les rayons directs qu'un corps lumineux ou coloré envoye à l'œil, ont enseigné à tracer les objets sur un plan, de maniére qu'ils y produisissent le même effet que si on les regardoit réellement; c'est ce qu'on appelle *Perspective*. Les autres, appliqués aux changemens qui arrivent dans les rayons, quand ils ne viennent à l'œil qu'après avoir traversé un corps diaphane ou transparent, en ont découvert les raisons, & enseigné à profiter de ces réfractions pour differens usages; & cette partie de l'Optique est appellée *Dioptrique*. D'autres enfin ont fait leurs observations sur ce que devenoient les rayons envoyés d'un objet sur un corps dur & poli: & de leurs connoissances résulte la *Catoptrique*.

Il a été aisé de remarquer que les machines dont nous venons de donner les constructions & usages, sont fondées sur trois principes tirés des trois parties de l'Optique. La Perspective roule sur ce principe: *Que tout objet*

plus ou moins approché, paroît plus ou moins grand, s'il est vû sous un plus grand ou sous un plus petit angle.

Dans la Dioptrique, on convient que *tout rayon (qui vient de l'objet à l'œil perpendiculairement à la surface d'un corps transparent quelconque qu'il traverse, étant l'axe du cône que forment les rayons) celui-ci ne souffre aucune réfraction.* Mais *qu'un rayon (qui passe obliquement d'un milieu plus facile à pénetrer dans un plus difficile) s'approche de la perpendiculaire à la surface de ce milieu, au point où il est pénétré*; & au contraire, *il s'éloigne de la perpendiculaire, en passant d'un milieu plus difficile à pénétrer dans un plus aisé.*

Enfin dans la Catoptrique, c'est un principe que *l'angle de réflexion est égal à celui d'incidence.*

Par la différente application du principe de la Perspective, de même qu'on sçait tracer sur le tableau un objet tel qu'il paroît à la vûe, on sçait aussi le tracer de maniére qu'il ne paroît en ses proportions, que quand ce tableau est regardé d'un point déterminé. En voici deux exemples qui suppléront par le moyen du compas & de la régle au défaut des Instrumens ci-dessus.

Premier exemple de Perspective.

Fig. 11.

Soit donné l'Exagône régulier 1, 2, 3, 4, 5, 6, tracé géométriquement en plan. Il s'agit d'en tracer la perspective dans ce tableau ABDV. On disposera cet Exagône vis-à-vis de la ligne AB comme on souhaitera qu'il soit vû, & on l'en éloignera selon la distance qu'on souhaitera qu'il le soit de l'œil, suivant l'échelle du plan. On tirera de tous ses angles autant de lignes perpendiculaires à la ligne AB, qu'on appelle *ligne de terre*; & par les points 7, 8 & 9 où elles coupent cette ligne AB, on tirera au point principal (ou de *l'œil* ou de la *vûe*, pris à discrétion sur le tableau) les lignes V7, V8, V9. Ensuite on portera la longueur de la perpendiculaire 8, 1, sur la ligne AB depuis 8 en E, & la perpendiculaire 7, 2, sur la même ligne AB. depuis 7 en F vers le point de l'œil, & ainsi des autres; du point V on tirera une ligne parallèle à AB, qu'on appelle horisontale, sur laquelle on portera de V en D de part & d'autre, si l'on veut, la distance supposée de l'œil au tableau prise sur l'échelle du plan. Ensuite on tirera du point de distance D opposé les rayons DE, DF &c. Puis joignant les interfections de ces lignes par une ligne droite, on aura sur le tableau l'apparence de la ligne 1, 2 de l'Exagône donné, & de toutes les autres successivement.

Si la perpendiculaire 1, 8, étoit trop longue pour être portée sur la ligne AB, comme il arrive ici à la ligne perpendiculaire au point 5, qui ne peut être transportée de 9 sur la ligne AB vers la partie opposée au point de distance D, le tableau étant trop petit; tirez par le point B pris à discrétion sur la ligne de terre AB, & par le point principal V, le rayon VB; & ayant fait BM égal à la perpendiculaire 9, 5, tirez le rayon DM, qui donnera sur le rayon VB le point Z, par où vous tirerez à la ligne de terre AB, la parallèle Z5, qui donnera sur le rayon V9, le point 5 que vous cherchez.

Afin que tout ce qu'on veut mettre en perspective paroisse dans une juste proportion, on est quelquefois obligé d'éloigner beaucoup l'œil du tableau, ce qui pourroit empêcher de marquer le point D de distance sur la li-

gne horisontale DV, qui est supposée dans un meme plan avec l'œil. En ce cas il faudra mettre seulement la moitié de la distance de l'œil au tableau sur la ligne horisontale de V en D ; & ne porter que la moitié des distances perpendiculaires 1, 8, 2, 7, sur la ligne de terre AB, de 8 vers E, de 7 vers F, alors en tirant les rayons DE, DF, on aura sur les rayons V 8, V 7, les points 1, 2, comme auparavant pour ces memes apparences de points géométriques 1, 2.

De la meme maniére que nous venons de mettre un Exagône en perspective on peut tracer toute sorte de figure rectiligne ou curviligne, en multipliant sur le plan géométral & sur le tableau les points par lesquels on fera passer les lignes demandées. On pourra même tracer des carreaux perspectifs répondans à des carreaux géométriques pour rapporter des figures géometriques en perspective, plaçant dans chaque carreau perspectif ce qui sera dans le carreau géométrique qui lui répond.

On remarquera que la ligne 5, 4, étant plus éloignée de l'œil, & par

Fig. 13. conséquent vûe sous un plus petit angle, est la plus petite de toutes.

Si vous voulez que cet Exagône soit solide & élevé de terre, il faudra élever sur tous les angles perspectifs, des perpendiculaires ausquelles vous donnerez la hauteur convenable en cette maniére : Du point B pris à volonté, sur la ligne AB élevez la perpendiculaire BC de deux pieds, par exemple, sur l'échelle de l'Exagône géométrique, & menez du point H, (éloigné de la perpendiculaire BC de deux pieds de l'échelle,) sur la ligne horisontale VD de la fig. 12. aux deux points BC de la présente fig. 13, les droites HB, HC, entre lesquelles seront renfermées les hauteurs de deux pieds convenables aux points différens de l'Exagône, pourvû que de chaque point de la base de cet Exagône perspectif vous tiriez des paralléles à la ligne AB ; & à leurs interfections avec HB vous éleverez des perpendiculaires à AB, qui seront de deux pieds chacune, où elles rencontreront la ligne HC.

XXXV. Planche Fig. A.

Second exemple curieux de Perspective.

SOit donnée une tête dessinée dans toutes ses proportions à tracer sur un tableau, en sorte qu'elle ne paroisse belle & dans ses justes proportions, que quand elle sera regardée d'un certain point. Décrivez autour de cette figure donnée le quarré ABCD, & réduisez-le en petits quarrés de réduction, comme s'il falloit réduire cette figure en petit. Maintenant décrivez sur le tableau le quarré-long EBFG, & divisez l'un des deux plus petits côtés, comme EG, en autant de parties égales qu'en contient DC: divisez l'autre côté BF en deux également au point H, duquel vous tirerez par les points de division du côté opposé EG autant de lignes droites, dont les deux derniéres seront EH, GH ; ensuite ayant pris à discrétion sur le côté BF le point I au-dessus du point H pour la hauteur de l'œil, au-dessus du plan du tableau horisontal, tirez de ce point I au point E la ligne droite EI, qui coupe ici celles qui partent du point H aux points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 : par ces points d'interfection vous tirerez des lignes droites paralléles entre elles & à la base CG du triangle EHG, qui se trouvera ainsi divisé en autant de trapézes qu'il y aura de petits carreaux dans le quarré ABCD ; & rapportant ce qui est dessiné dans chaque carreau de ABCD, aux trapézes qui leur répondent dans EBFG, vous aurez une

figure difforme, laquelle cependant paroîtra conforme à ſon prototype; & dans ſes juſtes proportions, quand elle ſera regardée par un trou qui ſera plus petit du côté de l'œil & plus large du côté de la figure, comme K, & qui ſera élevé perpendiculairement ſur le point H; enſorte que LK ſoit égal à la hauteur ſuppoſée de l'œil H I. On voit que la ſituation de l'œil ayant changé, il a fallu changer les carreaux en trapézes pour donner à chaque carreau le même angle ſous lequel il étoit vû naturellement dans le modéle.

Nous ne parlons pas des ombres, cette connoiſſance appartient aux Traités complets de Perſpective. Il ſuffit d'avertir que dans tous les plans & dans tous les tableaux, la lumiére eſt ſuppoſée venir d'en haut du côté droit, & par conſéquent de l'angle que fait le haut du tableau avec ſon côté droit par rapport à celui qui le regarde, & qu'ainſi les corps jettent leurs ombres de haut en bas, & de droite à gauche de celui qui regarde un tableau.

Des Corps propres à rompre les rayons de lumiére, & de la réfraction de ces rayons.

ON ſçait que tout corps *diaphane*, c'eſt-à-dire, tranſparent, eſt propre à rompre les rayons de la lumiére. Ainſi l'eau, la glace, le verre, &c. peuvent être employés dans la Dioptrique; car l'œil n'eſt qu'un amas d'eau & d'humeurs qui par leur configuration raſſemblent les rayons ſur la rétine où ils touchent des filets du nerf optique, lequel excite la ſenſation de la vûe. C'eſt pour cela qu'un bâton dans l'eau ou dans la glace paroît rompu, &c. Mais on ſe ſert plus heureuſement du verre que de toute autre matiére à cauſe d'une infinité d'inconvéniens auſquels il n'eſt pas expoſé, & parce qu'il peut être travaillé de toutes les maniéres propres à produire tous les effets de la réfraction des rayons, ſoit qu'il faille les raſſembler ou les ſéparer plus ou moins loin. Car toute la Dioptrique ſe rapporte à ces deux points, au moins ſont-ils les plus intéreſſans dans la Phyſique & dans les Mathématiques. Veut-on faire voir un objet plus diſtinctement? Il faut procurer à l'œil une plus grande abondance de rayons, ce qui s'opére en raſſemblant la plus grande qu'on puiſſe vers l'œil à une diſtance qui ne l'incommode pas, & propre à les faire réunir par les humeurs de l'œil chacun en leur point convenable. Veut-on groſſir l'objet, auquel cas il paroîtra rapproché? Il faut augmenter l'angle ſous lequel il eſt vû; ce qui ſe fait, en briſant les rayons qui viennent de l'objet à l'œil, de maniére qu'ils s'écartent moins les uns des autres quand ils ſortent du corps diaphane qu'ils traverſent, qu'ils ne s'écartoient avant le paſſage. Veut-on diminuer cet objet? Il faut en briſer les rayons, de ſorte qu'ils s'écartent davantage après avoir traverſé un corps diaphane, ce qui fait paroître l'objet plus éloigné: c'eſt ce qu'on appelle *rendre les rayons divergens*, & c'eſt le propre du verre concave de les rendre tels; car les verres convéxes diminuent toujours leur divergence & les raſſemblent; c'eſt ce qu'on appelle *rendre les rayons convergens*. Quoique ces différens verres ſoient ſphériques ou hyperboliques, ils opérent toujours le même effet, mais on ne ſe ſert communément que des ſphériques.

Obſervations ou conſéquences de la Dioptrique, relativement aux verres ſphériques.

1°. LE verre B C plan d'un côté & convéxe de l'autre a ſon foyer F à la diſtance du diamétre de ſa convéxité. Les rayons de lumiére envoyés Fig. 14.

d'un point d'objet, comme de l'objet éloigné DE visible & éclairé (qui sont par conséquent supposés paralléles, quand ils tombent sur la surface convéxe) se réunissent avec leur axe au foyer de ce verre. Nous disons: *les rayons d'un point d'objet*, parce que tous les rayons des différens points d'un objet ne se réunissent pas en un seul point pour faire un foyer général.

Fig. 15. Si l'objet DE est plus proche de la superficie convéxe du verre BC que de la longueur de son foyer F, les rayons rompus dans le verre ne se rassembleront point, mais sortiront encore divergens; à la vérité ils le seront moins.

Fig. 16. Si cet objet DE est au foyer F du verre BC, les rayons de chaque point de l'objet sortiront paralléles entre eux.

2°. Le verre BC convexe de deux côtés & de deux égales convéxités a

Fig. 17. son foyer F à la distance de son demi-diamétre, & les rayons paralléles du point de l'objet DE se réunissent en ce point, si cet objet est éloigné de ce verre plus que de son foyer F; car s'il est au point juste de son foyer, les rayons sortiront du verre paralléles entre eux; mais s'il est moins éloigné que le foyer, ces rayons sortiront encore divergens, quoiqu'à la verité ils le seront moins.

3°. Le verre convéxe de deux convéxités inégales a son foyer distant à proportion de la différence des demi-diamétres des convexités.

Au reste nous avons enseigné Liv. IV. Chap. VI. pag. 141 à trouver ces foyers.

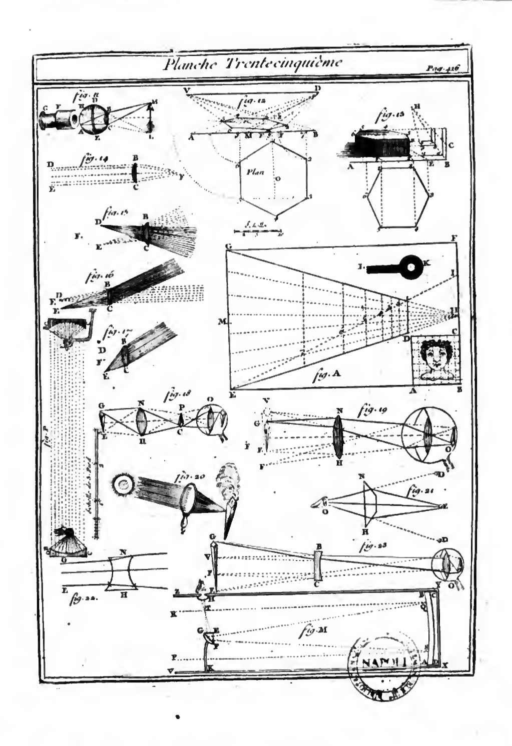
Fig. 18. 4°. Le verre convéxe plan ou doublement convéxe laisse voir l'objet en sa situation naturelle, mais plus confusément. A proportion que le verre est placé entre l'objet & l'œil, cet œil s'éloigne du verre vers son foyer, au-dessous duquel l'œil descend: il ne voit plus l'objet que renversé, toujours plus distinctement à proportion qu'il s'éloigne sous le foyer.

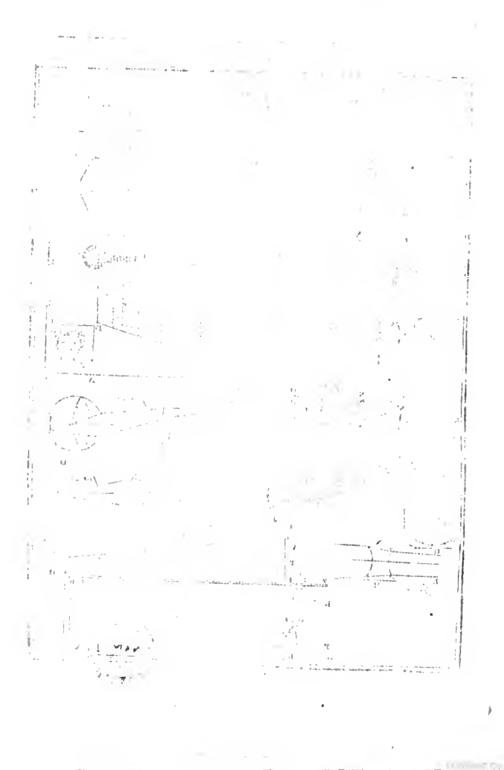
5°. Le verre convéxe grossit l'objet à proportion que l'œil s'en éloigne,

Fig. 19. mais pour voir cet objet distinctement, il faut que l'œil soit à la juste distance du foyer du verre. On découvrira moins de l'objet vû, à proportion qu'on s'éloignera du verre, comme nous le dirons ci-après.

L'objet étant grossi parce qu'il est vû sous un plus grand angle à cause de la réfraction des rayons, il faut qu'il paroisse plus proche par le principe de la Perspective. Plus les pointes que forment les rayons de chaque point de l'objet sont éloignées du verre convéxe qu'ils pénetrent, & plus l'objet que peignent ces rayons a d'étendue sur la rétine. Cette étendue est plus grande à proportion de l'éloignement du foyer. L'objet est toujours supposé plus éloigné du verre que son foyer. C'est pourquoi les verres convéxes d'une plus grande sphére sont les plus estimables dans les lunettes de longue-vûe. Mais il faut qu'alors ces verres soient larges pour recevoir plus de rayons de l'objet, autrement on verroit un objet plus grossi, mais on n'en découvriroit que peu de parties, & l'on perdroit du côté de l'étendue de la vision autant qu'on gagneroit du côté de sa distance.

Ce verre, quand il est très-convéxe & petit, grossit extraordinairement l'objet placé près de son foyer antérieur, parce que l'œil alors en reçoit beaucoup de rayons assez divergens encore pour être réunis à propos sur la rétine, & y occuper une très-grande étendue; c'est l'effet que produisent les Microscopes, dans lesquels on apperçoit un objet qu'on ne voyoit pas à cause de sa trop grande proximité de l'œil, & l'on gagne du côté de l'étendue


fig. 11
fig. 12
fig. 13
fig. 14
Plan
fig. 15
fig. 16
fig. 17
fig. A
fig. 18
fig. 19
fig. 20
fig. 21
fig. 22
fig. 23
fig. M



tendue & de la précision de la vision, ce qu'on perd du côté de la distance de l'objet.

6°. Comme les verres convéxes réunissent les rayons de lumiére pour augmenter la vision, ils rassemblent aussi les rayons du feu & du Soleil pour bruler. Fig. 20.

7°. Le verre convéxe polygône qu'on appelle à facettes, réunit à son foyer les parties d'un objet séparées à la vûe directe, & multiplie le méme objet. Fig. 21.

8°. Le verre concave plan ou concave des deux côtés, qui reçoit des rayons obliques, les écarte toujours les uns des autres & par conséquent n'a point de foyer. L'objet vû à travers ce verre paroît plus petit à proportion de sa sphére, & les rayons des parties de cet objet sont vûs sous un plus petit angle, & par conséquent l'objet paroît plus éloigné, mais très-distinct; parce que les rayons étant écartés les uns des autres, ils peignent une image moins embarrassée & plus nette sur la rétine; c'est pourquoi on se sert de ces verres pour les vûes courtes. Plus la sphére de ces verres est petite & plus les rayons qui les pénétrent sont écartés. Fig. 22. Fig. 23.

9°. Dans la Dioptrique les verres convéxes d'un côté & concaves de l'autre, n'ont pas de propriétés fort avantageuses Si la convéxité est égale à la concavité, ou si les surfaces sont paralléles, on ne remarque presque pas plus de changemens dans les rayons qui les pénétrent, que quand des rayons pénétrent un verre plan des deux côtés. Soit que la sphére de la convéxité soit plus grande ou plus petite que celle de la concavité, le foyer est toujours plus loin que le diamétre de la convéxité, & n'a d'effet que quand la convéxité est de plus grande sphére que la concavité.

Construction des Télescopes ou Lunettes de longue-vûe.

DE's la fin du treiziéme siécle on se servoit de verres travaillés pour soulager les différentes vûes des hommes & leur en conserver l'usage, malgré les infirmités d'un âge avancé ou la configuration désavantageuse mais naturelle de leurs yeux. Tant qu'on en est demeuré à ne regarder les objets qu'à travers un seul verre convéxe ou concave, on n'a pû parvenir qu'à faciliter la vision aux vieillards, dont les yeux applatis ne leur étoient plus de grande utilité, parce qu'alors les humeurs se desséchant, elles éloignent leur foyer par-delà la rétine. On suppléa à ce défaut par les verres convéxes, qui brisant les rayons les rendent moins divergens & plus propres à être réunis sur la rétine & à y former leur image nette; par une raison contraire, voyant que les jeunes gens ont les yeux trop voutés ou convéxes, & que leur foyer est placé devant la rétine, on corrigea ce défaut par le verre concave qui rend encore plus divergens les rayons des objets éclairés & les disposent à n'être réunis que sur la rétine de leurs yeux, en reculant le foyer des humeurs. Ce ne fut que vers l'an 1609 (dit M. de la Hire dans un Mémoire de l'Académie) qu'un Ouvrier de Hollande ayant par hazard essayé de regarder un objet à travers d'un verre convéxe & d'un autre concave, éloignés l'un de l'autre, & peut-être dans un tuyau, il s'apperçut que cet objet grossissoit considérablement sans se confondre ni changer de situation. Dès-là on commença à combiner beaucoup de verres concaves de toute façon avec des verres convéxes aussi de toute façon, pour en composer des Lunettes de longue-vûe, di-

tes alors de *Galilée* ou de *Hollange*, qui ont un verre convéxe vers l'objet & un concave au-dessus du foyer du convéxe & l'œil. Kepler bon Mathématicien, travailla en 1611 sur les effets que l'Ouvrier de Hollande avoit remarqué & donna son *Traité de Dioptrique*, où il enseigne à faire des Lunettes de longue vûe composées de deux verres convéxes, disposés d'une certaine façon dans un tuyau, l'un d'un côté de l'objet & d'une grande sphére, l'autre d'une plus petite, éloigné par-delà le foyer du premier, de sorte que le foyer postérieur de l'objectif s'unisse au foyer antérieur de l'oculaire. C'est ainsi qu'on appelle le verre plus voisin de l'œil, mais ces Lunettes renversent l'objet. Le P. Reita Capucin vint après, qui ajoûtant deux autres verres convéxes entre ceux de Kepler, composa des Lunettes de longue-vûe qui font voir les objets redressés. Les Astronômes cherchérent aussi-tôt à se servir de ces différentes Lunettes pour leurs Observations, & ils ne trouvérent que celles à deux verres de Kepler dont ils pussent tirer beaucoup d'avantage. En 1659. M. Huygens ajoûta un Micrométre au foyer postérieur de l'objectif, & à l'antérieur de l'oculaire pour observer l'anneau de Saturne. C'est à ce tems qu'on pourroit fixer l'époque du Micrométre, que MM. Auzout & Picard perfectionnérent vers l'an 1666. en y ajoûtant un curseur & une vis pour mesurer les distances & les diamétres des Planettes, les excentricités du Soleil & de la Lune & leurs Eclipses. M. de la Hire a encore travaillé depuis très-heureusemen sur cette invention du Micrométre. On ne sçait pas en quel tems on commença à se servir de ces Lunettes au lieu de pinules sur les Quarts-de-cercle, en plaçant au lieu du Micrométre deux soies très-déliées qui se croisent à angles droits, comme nous l'avons ci-devant enseigné (Liv. IV. chap. VI. & Liv. VI. pages 140 & 191.)

XXXVI. Planche. Fig. 24. Il est aisé de faire une Lunette d'approche de la première sorte qu'on appelle de *Hollange*. Faites le tuyau EB de carton ou d'autre matiére; emboëtez dans ce tuyau un autre tuyau DE, dans lequel faites entrer celui CD, comme celui AC est entré en CD, de sorte qu'entrant tous les uns dans les autres, ils puissent être facilement transportés; placez à l'extrémité B un verre lenticulaire convéxe des deux côtés ou convéxe plan. On l'appelle *objectif*, parce qu'il faut qu'il soit du côté de l'objet. Au-dessus de son foyer & à l'extrémité A, soit un verre concave qu'on appelle *oculaire*, parce qu'il faut le mettre auprès de l'œil. Il vaut mieux que l'objectif soit d'une plus grande sphére & convéxe d'un seul côté, parce qu'alors son foyer étant plus éloigné il grossira davantage.

Une telle Lunette, qui sera fort claire & commode, sera d'un pied huit pouces de longueur, en se servant d'un objectif convéxe d'un côté de deux pieds de foyer, ou convéxe de deux côtés de quatre pieds & d'un oculaire concave des deux côtés de quatre pouces & demi. Pour les Astres la lunette sera de 10 pieds de longueur, l'objectif d'environ 12 pieds de sphére, & l'oculaire de 5 pouces & demi. Les combinaisons se font plus précisément par l'expérience sur les fondemens ci-dessus, en appliquant successivement des oculaires de différentes sphéres à un objectif déterminé. On retient ces verres en leurs points par des anneaux de laiton.

Usage.

PLacez l'œil en A, pour regarder par le tuyau AB les objets éloignés; Fig. 25.
poussez un peu ou reculez ce tuyau A, jusqu'à ce que vous voyez les objets distincts; ils paroîtront beaucoup approchés, plus gros & plus distincts, & dans leur situation naturelle, parce que les rayons envoyés du point E de l'objet (figure 25.) rencontrant le verre convéxe objectif NH, se brisent, & après en être sortis s'approchent l'un de l'autre suivant les observations ci-dessus première & seconde; mais avant qu'ils se soient rassemblés en un point, ils rencontrent le verre concave PC dans leur chemin, ils s'écartent, & vont rencontrer les humeurs de l'œil, pour peindre leur image renversée sur la rétine & exciter la sensation convenable à cet objet vû dans sa situation naturelle; car tout objet vû directement par l'œi se peint sur la rétine en situation renversée. Plus cette lunette sera longue, & plus on verra loin, mais peu d'étendue, suivant la 5me observation, à moins que l'objectif ne soit bien large.

Sans changer l'objectif on allongera cette lunette; & en substituant un oculaire concave d'une plus petite sphére; alors on découvrira de plus loin mais moins d'étendue, suivant les observations 5 & 8. Au contraire plus cette lunette est courte, les verres étant bien proportionnés, plus on découvre d'étendue à une petite distance. On évitera les couleurs feintes des objets en plaçant, en différentes distances de l'objectif, des *diaphragmes*, (c'est-à-dire, des espéces d'anneaux de bois ou de carton qui sont percés au centre,) à l'oculaire, & surtout au bout de chaque tuyau. Il faut que ces diaphragmes soient noircis & que leur ouverture aille en diminuant du premier jusqu'au dernier, lequel se place à environ un pouce au-dessus de l'oculaire & à environ deux ou trois lignes d'ouverture.

Il est inutile d'avertir qu'on ferme chaque ouverture de la lunette d'un couvercle ou bouchon pour garantir les verres des accidens, quand on ne s'en sert point.

Les Lunettes de Kepler sont composées d'un tuyau comme celui ci-dessus & de deux verres convéxes; mais l'oculaire sera au-dessous du foyer de l'objectif, vers le point où le foyer postérieur de l'objectif joint le foyer antérieur de l'oculaire. L'objectif sera de plus grande sphére que l'oculaire.

Autre espéce de Lunettes pour observer les Astres.

ON fait une lunette commode d'environ deux pieds & demi de longueur avec un objectif convéxe dont le foyer est à deux pieds trois pouces, & avec un oculaire d'un pouce & demi. Pour les Astres, les lunettes sont plus longues, comme depuis 9 pieds jusqu'à 25 & même 50, & leurs longueurs sont ordinairement déterminées par la sphére des oculaires. Ainsi un oculaire d'un pouce de foyer convient à un objectif depuis 9 pouces jusqu'à 12 pouces de foyer: Voici une Table de proportions des verres oculaires aux objectifs à peu près semblable à celle que Mr Poliniere a donnée dans ses *Experiences Physiques*, d'après le R. P. Cherubin. Nous n'avons continué cette Table que jusqu'à 25 pieds inclusivement, comme il se voit ci-après.

TABLE.

L'oculaire de		
1 pouce . . 4 lig. de foyer a un objec. de	12 pouces jusqu'à	16 pouc. de foy.
1 & demi	18 . . jusqu'à	24
1 . . 10 lignes	2 pieds jusqu'à	2 pieds & demi
2	2 & demi	3
2 . . 3	3	3 & demi
2 & demi	4	4 & demi
3	4 & demi	5
3 & demi	5	7
4	8	12
4 . . 3	12	24
4 & demi	25	50

Pour rendre l'objet vû par ces lunettes plus clair & éviter les iris, on met sur l'objectif un carton percé au milieu d'une grandeur trouvée convenable par l'expérience. Il aura son diamétre égal à l'objectif, pour être retenu avec le même cercle qui retient l'objectif; & dans la longueur du tuyau AB en C, en D & en E, on placera plusieurs cartons percés de même par proportion & par expérience. C'est ce que nous venons de dire en parlant des diaphragmes, qu'on noircit, de même que tout l'intérieur du tuyau, en frottant le tout d'un noir huilé & y appliquant dessus de la poudre bien fine de charbon broyé en la secouant & laissant sécher le tout; ou bien encore, on pourra noircir le tout par le moyen de la fumée d'une bougie ou d'un flambeau de poix résine.

Sous le verre oculaire on place une pinule AC, qui n'est autre chose qu'un tuyau d'un pouce de long percé en entonnoir, dont la graude ouverture est vers l'œil, & la petite d'une ligne ou deux, touche l'oculaire; la longueur de cette pinule est relative aux différentes vûes.

Usage.

Fig. 25. PLacez l'œil en O de la figure 25, & l'objet paroîtra très-grand, très-distinct, mais renversé de haut en bas & de droit à gauche, parce que les rayons partant du point E de l'objet éloigné EG, vont rencontrer le verre objectif NH, & se rassemblent au foyer P; ceux qui vont du point G vers NH, se rassemblent en C; de même tous les rayons qui viennent des Fig. 26. points de l'objet entre E & G, se rassemblent entre P & C pour s'y peindre en leur ordre, suivant l'observation 1re. Celui qui vient du point M de l'objet passe droit sans souffrir de réfraction. Ces rayons ainsi rassemblés trouvent là le foyer antérieur de la seconde surface du verre oculaire RF, ils se croisent & vont rencontrer l'oculaire convéxe RF, & les rayons qui viennent du point P, passans par ce verre RF, en sortent paralléles, par la 3me remarque de l'observation 1re. Ceux qui viennent du point C sortent aussi du verre RF paralléles entre eux, & ainsi des autres; & tous passant par les humeurs de l'œil se rassemblent, comme s'ils venoient de PC; alors l'objet EG, (qui sera peint sur la rétine en sens naturel) paroîtra renversé; parce qu'il doit y être peint en sens renversé pour exciter la sensation qui répond à EG vû sans verre directement & droit. Ces lunettes découvrent plus d'étendue que celles de Hollande, parce que le foyer en est

moins éloigné de l'objectif, toutes choses égales d'ailleurs. L'angle sous lequel se fait la vision étant plus grand, l'objet en paroit plus grand.

Les Astronômes ayant besoin de fixer des points dans l'objet qu'ils regardent, ne peuvent le faire avec la lunette de Hollande, dont le foyer est sur la rétine : au lieu qu'ici l'objet étant peint en P C, si l'on y croise une soie déliée, on fixe ce point sur l'objet. On se sert de cette lunette comme des pinules de Quarts-de-cercle, on y place aussi le Micrométre, &c. Si on avançoit le verre R F davantage vers P C, alors les rayons ne sortiroient pas encore paralléles entre eux, mais divergens, moins à la vérité qu'ils ne partent de P C.

Cette divergence des rayons conviendra à un œil extraordinairement vouté, ou bien aux personnes de vûe courte. Quand on se sert de ces lunettes pour observer le Soleil, les verres doivent être colorés pour garantir la vûe.

Des Lunettes à quatre verres convéxes.

Pour faire une lunette de quatre verres convéxes (car nous ne parlons pas de celles à trois verres qui ne sont point estimées) rangez ainsi les verres. Soit l'objet éloigné E M G, le premier objectif N H, au bout d'un tuyau ; le 2me verre R F tellement éloigné de N H, que le foyer postérieur de N H convienne avec le foyer antérieur de R F, qui est à peu près de la sphére d'un convexe oculaire convenable à l'objectif N H ; si la lunette étoit à deux verres convexes seulement ; le 3me verre L Z, à peu près de même sphére que R F, sera placé de façon, que son foyer antérieur joigne le foyer postérieur de RF ; enfin le 4me verre T Q, encore de même sphére à peu près que R F, est éloigné de L Z, comme L Z l'est de R F, c'est-à-dire que le foyer antérieur de T Q joint le postérieur de L Z. Les rayons de l'objet EMG brisés comme ci-dessus sont en N H & réunis en P C ; d'où ils partent divergens vers RF, mais (par la raison ci-dessus & par la 3me remarque de la 1re observation) ils en sortent paralléles entre eux & pénétrent ainsi L Z, lequel recevant les rayons non divergens, mais paralléles, les réunit en S V, par l'observation premiére, où ils viennent sous un angle bien plus grand qu'ils ne sont venus de N en P, & de H en C. Par conséquent la 2me image S V de l'objet E M G est plus grande que la premiére P C ; enfin les rayons partant de S V vers T Q, ils en sortent paralléles, par la 3me remarque de la 1re observation, puisque S V est au foyer antérieur de T Q ; ces rayons entrent paralléles dans l'œil O éloigné de T Q de la distance de son foyer à quelque chose près & selon les vûes ; & étant brisés par les humeurs ils vont peindre l'objet E M H renversé sur la rétine en une très-grande étendue & sous un fort grand angle, ce qui fait voir l'objet droit, plus grand & distinct. Il paroit droit parce qu'il est peint renversé sur la rétine ; il y est peint renversé, parce qu'il est droit en SV ; & il est droit en S V, parce qu'il est renversé en P C ; il est renversé en P C, parce que les rayons de E G droit se croisent sur la surface antérieure N H, le seul rayon M du milieu de l'objet ne souffrant aucune réflexion parce qu'il tombe toujours perpendiculairement sur tous les verres. Maintenant placez les verres ainsi rangés, les uns par rapport aux autres dans le tuyau A B de la figure 24, plaçant l'objectif N H en B, & les autres à proportion, observant de laisser vers A une pinule ou tuyau en entonnoir, Fig. 27.

comme nous avons dit en parlant de la lunette à deux verres convéxes.

Ce tuyau en entonnoir sera disposé de façon à pouvoir s'allonger ou s'accourcir, selon les vûes, dont les unes veulent être plus près de l'oculaire. On doit concevoir en un mot, que trois verres convéxes oculaires & à peu près du même foyer, avec un objectif forment la lunette à 4 verres.

Usage.

Fig 24. L'Œil étant placé en A, si le tuyau est garni de quatre verres convéxes; on verra très-distinctement des objets éloignés d'une lieue sur terre, quand les trois oculaires auront chacun leur foyer à un pouce & demi de distance. L'objectif qui auroit un peu plus de 12 pouces, formeroit une lunette longue de 20 à 21 pouces, si l'objectif a 18 pouces, avec les mêmes oculaires, la lunette aura environ 30 pouces de longueur, & l'on découvrira des objets plus éloignés. Si les lunettes à deux verres ont l'incommodité de renverser l'objet, elles sont plus nettes que celles à quatre verres, qui souffrent de la multiplicité des verres laquelle apporte toujours quelque confusion dans les objets. Il ne faut pas manquer de mettre des diaphragmes au bout de chaque tuyau, & de les noircir, de même que le tuyau d'un noir terne & non clair ni poli.

Ce seroit ici le lieu de faire usage d'une Table que M. Harsocher a donné pour déterminer les ouvertures des objectifs par rapport aux oculaires, afin d'éviter les iris; mais on peut y suppléer en partie & suffisamment par le moyen des diaphragmes.

Construction du Microscope.

AYant déja parlé fort au long (Liv. III. Chap. II. pages 93 & suivantes) des différens Microscopes, & de leurs effets, il ne nous reste plus qu'à faire à cet instrument les applications convenables des régles de la Dioptrique, & d'examiner quels verres sont plus propres à grossir les objets fort peu éloignés de l'œil. Les Télescopes nous font voir des objets qui ne paroissent pas à la vûe ordinaire à cause de leur éloignement, & les Microscopes dont on prétend que l'invention est de l'an 1620, nous font remarquer les parties des corps que leur petitesse dérobe à la vûe ordinaire; lesquelles parties seroient cependant apperçues d'un œil fort vouté. Ainsi comme les personnes dont les yeux sont plats, voient de loin sans le secours des lunettes, aussi ceux dont les yeux sont fort convéxes, voient des objets très-petits & très-peu éloignés de l'œil.

Pour faire un Microscope simple, (tel qu'un de ceux des figures L. I, K, de la planche 10me) prenez un très-petit morceau de glace, que vous aurez détaché d'un gros avec les dents d'une clef; mouillez le bout d'une aiguille longue avec de la salive, & le petit morceau de glace s'y colera; ensuite mettez-le dans la flamme bleue d'une bougie un peu inclinée, alors il se fondera & tombera en petite boule sur un morceau de papier qu'on aura mis dessous pour le recevoir. Si la boule de glace est fort ronde & petite, on la placera sur un morceau de plomb troué, pour la recevoir, ou de la maniére que nous avons dit en divers endroits du (Liv. III. Chap. II.) Cette petite boule de glace fera voir les objets très-grossis, parce que sa figure étant fort convexe & fort proche des objets & des yeux; les rayons s'y brisent davantage, & sont reçus plus abondamment & divergens dans la prunelle de l'œil à cause de la petitesse de ces verres.

Les autres Microſcopes (tel que celui de la figure M planche 10me) ſont compoſés de trois verres, comme nous avons dit. Nous remarquerons ſeulement que l'objectif N H de ces Microſcopes doit être très-petit & très-convéxe. Si l'objet E G eſt placé à ſon foyer, les rayons ſortiront paralléles de N H; & allant rencontrer le ſecond verre R F, ils ſe raſſembleront en VS, où ils peindront l'objet renverſé & très-groſſi; s'étant croiſés ils tomberont ſur le troiſiéme verre T Q, d'où ſortans paralléles, ils iront ſe briſer dans les humeurs de l'œil & peindre l'objet très-gros & droit ſur la rétine; alors on le concevra renverſé. XXXV Planche Fig. 28. bis.

Que ſi l'objet étoit placé plus loin que le foyer du verre N H, les rayons ſeroient raſſemblés en S V, où eſt le foyer antérieur de R F, pour peindre l'objet gros; enſuite ſe croiſant & tombant ſur T Q, ils ſe briſeroient & ſortiroient paralléles ſuivant l'obſervation premiére: En cet état rencontrant T Q, ils en ſortiroient pour ſe réunir à ſon foyer, qui ſeroit tellement éloigné, que ces rayons entreroient dans l'œil encore preſque paralléles; & après les réfractions dans les humeurs, ils s'uniroient & peindroient l'objet droit ſur la rétine, pour être conçu renverſé.

L'objectif NH eſt ordinairement de quatre lignes & demie de foyer, & même un peu plus. On réduit ſa ſurface à une ligne, parce qu'on la couvre d'un carton noirci, qui eſt percé d'un petit trou. Le verre R F du milieu eſt de 3 pouces de foyer, & le diamétre de ſa ſurface de 13 lignes, pour recevoir plus de rayons diſtincts. Le dernier verre a un foyer d'un pouce & demi: ſon diamétre eſt de 12 lignes. Les deux oculaires ſont ordinairement fixés à 4 pouces l'un de l'autre. Du deuxiéme oculaire à l'objectif il y a encore ordinairement 4 pouces; ce qui donne entre 8 & 9 pouces de longueur à un tel Microſcope. Cette longueur n'eſt pas invariable: la différence des vûes & la diſpoſition des verres y cauſent quelques changemens.

On remarquera que dans les Téleſcopes, c'eſt l'objectif qui doit être grand & les oculaires petits: Au contraire l'objectif eſt ici d'une très-petite ſphére, & les oculaires ſont d'une ſphére un peu plus grande, mais d'un très-grand diamétre. Ces petites ſphéres groſſiſſent extraordinairement un objet, parce qu'elles rompent beaucoup les rayons, & font voir les objets ſous de plus grands angles, qui occupent par conſéquent une très-grande étendue ſur la rétine. Nous nous ſommes aſſez étendus ſur les uſages des Microſcopes (Liv. III. Chap. II) pour nous diſpenſer d'en parler davantage. On voit le chemin des rayons dans la petite fig. 28. d'un Microſcope à 3 verres, ainſi nous n'avons rien à ajoûter pour ſon explication.

De la propriété des verres convexes.

ON lit dans la premiére Scène du ſecond Acte des Nuées d'Ariſtophanes, que le vieillard Strépſiade dit à Socrate, qu'il a trouvé chez les Droguiſtes une pierre très-avantageuſe pour payer ſes dettes ſans donner d'argent. » Quand on me préſentera mon obligation, dit ce vieillard, j'ex- » poſerai cette pierre au Soleil ſur mon billet, & je fondrai la cire » parce qu'alors on écrivoit ſur une couche de cire ce qu'on vouloit, après en avoir enduit une écorce d'arbre. Fig. 29.

On juge que cette pierre ne pouvoit être autre choſe qu'un verre con-

véxe, dont le propre est de produire du feu aux rayons du Soleil. Il seroit étonnant que cette propriété du verre convéxe ayant été connue depuis si longtems, ce ne soit qu'à la fin du treiziéme siécle que l'on ait commencé à découvrir le secours qu'il pouvoit donner à la vûe. Telle que soit la cause de cette ignorance pendant tant de siécles, quand on fait l'application du principe général de la Dioptrique, on conçoit aisément la raison physique pour laquelle les rayons du Soleil viennent paralléles sur un verre convéxe se réunir après leur passage à un foyer : Or comme ces rayons sont toujours dans un mouvement continuel & très-violent par la pression du Soleil, il est tout naturel que par leur multitude, ils excitent aussi un mouvement très-vif sur les corps qu'ils touchent en un très-petit espace, & qu'ils les brûlent, comme il arrive effectivement toutes les fois qu'on présente au Soleil un verre convéxe, qui (comme le porte la sixiéme observation) réunit les rayons du feu, ainsi que ceux du Soleil ou de la lumiére.

Il ne faut que jetter la vûe sur la figure 29 pour concevoir la construction & l'effet de ce verre.

C est le Soleil, dont les rayons viennent paralléles sur la lentille AB, laquelle brise ces rayons & les réunit à son foyer D, où l'on place un tison qui s'allume d'autant plus promptement que le Soleil est plus vif, & que la lentille reçoit & réunit davantage de rayons à cause de l'étendue de sa surface & de sa convéxité.

Si le verre ardent A B étoit fort grand & avoit par conséquent son foyer très-éloigné, son effet pourroit souffrir de cet éloignement ; mais on remédie facilement à ce défaut, & l'on augmenteroit extraordinairement l'effet de ce verre A B, en lui ajoûtant un autre verre convéxe de plus petite sphére en E F, lequel rassembleroit les rayons déja brisés à un foyer bien plus proche, & produiroit des effets bien plus extraordinaires, comme de fondre les métaux, & calciner les pierres. On ajoûte même ce second verre convéxe quand les rayons du Soleil couverts de nuées sont foibles, afin d'en augmenter la vivacité.

Ces verres ardens sont ordinairement enchassés dans une piéce de bois à poignée, laquelle sert à donner au verre ardent une situation perpendiculaire au Soleil ; & ainsi le foyer est toujours en bas, au lieu que les Miroirs ardens par réflexion auroient leur foyer en haut : ce qui forme un obstacle invincible à beaucoup d'expériences, qui ont été pratiquées avec le verre ardent de Monseigneur le Duc d'Orléans.

Ce verre, qui peut passer pour le plus parfait qu'on ait encore vû, est de la façon de feu M[r] Tschirhausen Allemand, qui étoit Associé de l'Académie Royale des Sciences de Paris : il produit des effets très-surprenans qui sont rapportés presque tous dans les Mémoires de ladite Académie, avec une description exacte. Nous nous bornerons ici à dire, qu'il est convéxe des deux côtés ; que c'est une portion de deux sphéres, dont chacune auroit 12 pieds de rayon, qu'il a 3 pieds de diamétre & qu'il pese 160 livres. La seule idée que l'on puisse donner, pour juger de l'activité de son foyer, c'est que l'or y fume & se disperse en plusieurs petites goutes imperceptibles qui s'écartent de tous côtés, ainsi que M. l'Abbé Nollet le rapporte dans le 4[e] Tome de ses Livres de Physique. La difficulté de trouver un verre assez épais & de l'attacher assez ferme pour être travaillé, avoit empêché de tenter ce travail sur le verre, c'est pourquoi on avoit été obligé

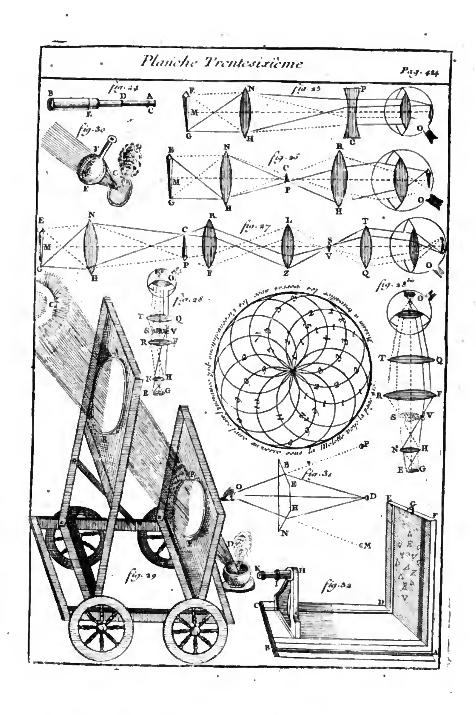


Planche Trentesixième
Pag. 424
fig. 24
fig. 25
fig. 26
fig. 27
fig. 28
fig. 28 bis
fig. 29
fig. 30
fig. 31
fig. 32

obligé jusqu'alors de s'en tenir aux Miroirs ardens concaves. Il est monté sur un chassis de charpente, qui a un mouvement de charniére entre les brancars d'un petit chariot, qui le conduit où l'on veut. On place au besoin sur le même chariot & de la même façon un second verre convéxe, pour raccourcir le foyer du premier & augmenter sa vivacité. Ce verre est actuellement dans le Cabinet de M. d'Ons-en-Bray à Bercy.

On entend aisément que tout corps diaphane peut produire du feu aux rayons du Soleil, plus ou moins promtement à proportion des qualités particuliéres de ces corps. Si donc la phiole de verre F E ronde, très-mince & d'une grandeur médiocre, est remplie d'eau & exposée au Soleil, elle brûlera à son foyer en G. Quand nous parlerons de la réflexion des rayons, nous dirons pourquoi les rayons brisés ou réfléchis du feu ordinaire ne brûlent pas si vivement que ceux du feu du Soleil. Fig. 30.

Des verres à facettes.

LE *verre* convéxe polygône ou *à facettes* est un verre plan d'un côté & de l'autre taillé à plusieurs faces, comme celui B E H N; les rayons qui viennent de l'objet D sur la face E H ne se brisent point, mais viennent naturellement à l'œil O, qui par cette face voit l'objet en sa véritable place; mais les rayons de cet objet D, qui viennent obliquement sur les faces B E & H N se brisent en approchant de la perpendiculaire, pour se réunir en un point; mais ils rencontrent l'œil & vont y peindre la même image autant de fois qu'il y a de faces, comme si l'objet étoit placé en P, en D & en M, parce que nous croyons que les rayons nous viennent en ligne droite, ce qui n'est pourtant pas vrai. Fig. 31.

C'est sur l'effet de ces lunettes à facettes qu'on fait des *Tableaux magiques* ou *trompeurs*, tout-à-fait difformes quand on les regarde sans de semblables verres. Pour les exécuter on éléve à plomb sur la table A B C D la planche A D E F, qui peut être haussée & baissée verticalement, & le pied B C H, qui peut avancer ou reculer entre les rainures A B C D: on place au haut du pied en H, le tuyau I K auquel on fait un trou vers le foyer du verre à facettes placé en H. Ensuite ayant collé sur D E F A un papier & arrêté le pied avec le verre H au point convenable, plus ou moins éloigné du papier, selon qu'on veut éloigner plus ou moins les unes des autres les parties de l'objet qu'on veut dessiner sur le papier: Au petit trou K, on place une lampe, dont la lumiére doit être très-tranquille. Cette lampe envera de la lumiére sur le papier blanc appliqué en E F D A; on marque ensuite avec du crayon le contour de ces faces lumineuses, dans lesquelles on peint les parties différentes d'un objet qui doivent se réunir toutes, quand on les regarde par le verre à facettes, placé dans le tuyau K I: Ainsi quand on regardera par le trou K, on ne remarquera qu'une seule figure bien proportionnée, laquelle sans verre ne représentoit aucun objet déterminé; sur tout, si le Peintre a soin de remplir les espaces non-lumineux de différens sujets, qui ne paroitront plus par le verre à facettes. Fig. 32.

De la qualité des verres & des instrumens nécessaires pour les travailler.

LE choix de la matiére d'un verre qu'on veut travailler est très-nécessaire, autrement on risqueroit de perdre beaucoup de tems & de peine. S'il doit être grand & épais, on fait fondre au fourneau une assez grande quan-

tité de matiére pour être jettée & pour remplir le moule creux d'un cylindre. Il faut que ce cylindre de verre ait les dimensions un tant soit peu plus fortes que celles qu'on veut donner au verre lorsqu'il sera fini. Quand la matiére est refroidie, on la découvre & la polit sur ses deux côtés plans; ou bien, si le verre ne doit pas excéder les mesures des verres ordinaires, on choisit des fragmens de glace de Venise ou d'autre espéce de verre, & toujours le plus petit que faire se pourra. La façon d'examiner la matiére de verre qui doit être travaillée, est de l'exposer au Soleil, dont elle reçoit les rayons sur un papier blanc qui fait voir s'il y a des filets, bouillons ou autres inégalités; ensuite on regarde quelque objet élevé, comme la pointe d'un clocher, haussant & baissant le verre devant l'œil, pour voir si l'objet ne paroît pas ondoyant. Il est rare de trouver des verres épais & larges & en même tems exemts de ces défauts. C'est ce qui augmente beaucoup le prix des grands sur les petits: la couleur du verre la plus avantageuse est celle qui tire un peu sur le bleu ou le verd de mer. Il faut aussi que le verre soit d'égale épaisseur, afin que les deux superficies soient bien paralléles. Les grands verres sont fondus de la grandeur & de l'épaisseur convenables, mais les petits sont coupés avec la pointe d'un diamant. Un verre, dont on veut faire un objectif de 12 ou 15 pieds, aura environ deux pouces de diamétre, ainsi des autres à proportion. Un oculaire convexe du plus petit au plus long foyer, aura tout au plus depuis 8 jusqu'à 22 lignes: on arrondit ces sortes d'oculaires en mettant un peu de mastic au milieu de leur surface, pour y placer la pointe du compas & y tracer de l'autre une circonférence avec la pointe du diamant. Cet arrondissement se fait avec un grésoir de Vitrier ou avec une pincette. Le verre ainsi préparé, sera appliqué & collé contre une *molette*, qui est un morceau de bois ou de buis ou même de cuivre, taillé en petit dôme, de sorte qu'il puisse servir de poignée à retenir le verre qui y est mastiqué pour le travailler & le polir.

Le mastic qui sert à asseoir le verre sur la molette est composé d'un quart de bonne raisine, d'ocre très-douce, ou de blanc d'Espagne fin, le tout bien broyé & tamisé très-subtilement, qu'on incorpore doucement & également dans trois quarts de poix noire bien choisie, après qu'elle sera fondue en mêlant cette poudre peu à peu avec la poix jusqu'à ce que le tout ne fasse qu'un corps également pénétré de cette poudre.

XXXVII *Planche.* Fig. 33. Cette figure fait voir une molette coupée perpendiculairement; *a* est un trou qui perce toute la molette pour laisser échapper l'air qui auroit été enfermé par le mastic; *b c* font une doucine ou rebord, qui empêche les doits de descendre plus bas & sert à faire peser sur le verre; le dessous *b* est creux & inégal vers son centre pour y faire mieux tenir le mastic, sur lequel on applique bien inégalement le verre qu'on doit travailler. La figure
Fig. 34. 34 fait voir cette molette toute garnie & montée d'un verre.

Les bassins, platines ou formes à travailler les verres, sont ou concaves sphériques ou convexes de différentes grandeurs de sphére. On peut travailler un objectif de 20 à 25 pieds de foyer dans une forme de 10 à 12 pouces de diamétre, & ainsi des autres à proportion. Ces formes sont de fer ou de laiton, l'un & l'autre le plus doux qu'on pourra trouver: le fer sera forgé & le laiton jetté en fonte avec soin, comme nous le dirons quand nous enseignerons à fondre des Miroirs ardens concaves.

Il faut avoir des modéles de forme ou de bassin faits d'étain ou de bois

de poirier bien sec, ausquels on aura donné l'épaisseur & la grandeur convenable sur le tour. Quand ces platines ou formes convéxes ou concaves sortiront des mains du Fondeur, on les montera sur l'arbre d'un tour bien stable, de sorte qu'elles soient bien perpendiculaires & exactement concentriques à cet arbre du tour : ce qui se fait aisément par le moyen d'une espéce de roue ou cercle de fer, dont les croisées sont fendues assez-larges par le milieu, pour y recevoir quatre tenons *a b c d*, qui coulent juste dans les fentes. Ces tenons sont taraudés par-dessous pour les arrêter avec des écroux *i*, à l'endroit où l'on veut : Les dessus de ces tenons sont recourbés à l'équerre *b*, où portent la vis *g* dans l'écrou *f*, pour pouvoir retenir fermes les bassins par les bords ou par la pointe de la vis *g*, & les empêcher de changer de situation. On place quarrément ou à vis *e*, ce cercle juste au centre de l'arbre d'un tour en l'air, ensuite on approche légérement l'outil à l'extrémité & au milieu de la forme, pour voir si elle est bien centrée : on avance ou recule les tenons & la forme, jusqu'à ce que l'outil touche également par tout, & l'on serre les quatre vis pour arrêter ainsi le bassin, puis on conduit l'outil d'acier trempé, du centre à la circonférence de la forme & de la circonférence au centre, autant de fois qu'il sera nécessaire pour découvrir toute la superficie concave ou convéxe de la platine, laquelle étant parfaitement formée sera retirée de dessus le tour pour servir à travailler les verres. Fig. 11

Les verres montés & mastiqués horisontalement sur la molette, on affermira sur une table la platine ou forme convenable à la sphére du verre qu'on veut travailler ; & y ayant mis du grais de meule à aiguiser médiocrement dur, broyé en poudre, on conduira le verre en tournant la main depuis la circonférence de la forme jusqu'à son centre, & de son centre à la circonférence par plusieurs contours, tant que le verre usé par ce frottement soit parfaitement formé. On le polira & on l'adoucira avec d'autre grais qui a déja servi : quand le verre sera bien poli & adouci (ce qu'on examinera en le regardant avec un verre qui grossit les objets) on ne se servira plus de grais, mais ayant bien lavé la forme, aussi bien que le verre & la molette pour en ôter tout le grais, on étendra sur la forme un morceau de cuir bien doux ou de drap fin, qui doit être bien tendu & doit toucher par tout sur la forme. On l'humectera d'eau, de potée d'étain, ou de tripoli fin d'Allemagne, qui aura demeuré deux jours dans un creuset bien *luté*, c'est-à-dire, endui de terre, mis dans la braise ou dans un four de Boulanger, & l'on passera la molette sur le verre vivement, en la conduisant droit d'un bord à l'autre de la forme, observant à chaque tour & retour, de la tourner un peu entre les doits sur son axe, de sorte qu'appuyant fortement de la main, on lui fasse toujours toucher la superficie de la platine ou forme. On remettra aussi de tems en tems de la potée sur le polissoir, l'abreuvant d'eau à chaque fois, jusqu'à tant que le verre ait acquis un parfait poli. On en fera de même sur l'autre côté du verre, proportionnant toujours les formes aux superficies qu'on travaille.

Les superficies planes sont travaillées & finies sur des formes plattes, & les superficies concaves sur des formes convéxes : avec cette différence néanmoins que les superficies convéxes de petite sphére, comme des oculaires convéxes peuvent être polies sur un cylindre concave de même sphére que la forme où ils ont été travaillés : Ce cylindre concave sera garni comme la

de même l'objet L sera vû sur la ligne M, & ainsi des autres.

3°. Le rayon de l'objet E, fait avec la superficie inférieure du miroir au point F, l'angle L F H égal à l'angle de réflexion G F I. Ainsi l'œil placé dans la ligne F G, voit l'objet E dans la ligne F L par-delà le miroir, comme si véritablement cet objet étoit derriére le miroir sur cette ligne : & par une raison réciproque, l'œil en G verra l'objet E, comme il le verroit s'il étoit placé en N, après avoir fait ôter le miroir. Ce point N est l'interfection de la perpendiculaire G I avec E F.

4°. L'objet E représenté dans le miroir plat A B C D, paroît autant enfoncé derriére ce miroir, qu'il en est éloigné par-devant ; parce que si l'on suppose ce point E descendu sous le miroir, il le sera par la ligne la plus courte, c'est-à-dire, par la perpendiculaire au miroir horisontal, qui sera E H ; mais cette perpendiculaire sera coupée en L par le rayon G F prolongé en L par l'observation précédente. Donc l'objet E paroitra en L. Ce point L est autant éloigné sous le miroir que E l'est dessus, puisque l'angle E F H est égal à celui H F L ; parce que L F H est égal à l'angle de réflexion G F I, lequel est égal à l'angle d'incidence E F H. Ainsi pour voir un objet qui est dans un petit espace, comme s'il étoit fort éloigné, il faut lui faire faire plusieurs réflexions sur des miroirs disposés sur les faces d'un polygône. Fig. 37.

5°. L'objet E M envoye ses rayons sur le miroir : Sçavoir le point E en P, qui est réfléchi en G par l'observation 2. & est vû de G, comme s'il étoit en L, par l'observation 3. Le point M envoye aussi son rayon en Q, qui est réflechi en R, & est vû de R, comme s'il étoit en N. Si on prend le milieu de G R pour y placer l'œil, parce qu'il doit voir ces deux points M & E, il verra l'objet M E, comme s'il étoit en L N, mais renversé, parce que le point E est plus près sur le miroir & dessous que celui M. Par l'observation 4, l'objet M E sera vû comme il le feroit du point O, si le miroir étoit ôté. Ainsi dans un miroir plat, lorsqu'on l'éleve au-dessus de la tête, les pieds & le pavé paroissent en haut, tandis que la tête paroît en bas. Par la même raison, ce qui est à droit paroît à gauche, & ce qui est à gauche paroît à droit. Fig. 38.

6°. Si l'on approche un objet d'un miroir plat, dont la glace est épaisse, on y remarque deux images, l'une est bien éclairée, & l'autre est représentée avec une lumiére plus foible. Cet effet est produit par la double surface du miroir, dont l'inférieure réfléchit mieux que la supérieure, parce qu'elle est plus près de ce qui rend le miroir opaque.

7°. Lorsqu'on approche fort obliquement une bougie allumée de l'extrémité d'un miroir, & qu'on met l'œil à peu près aussi obliquement à l'extrémité opposée, on apperçoit plusieurs images de la lumiére de la bougie, dont les unes sont plus foibles que les autres, par la raison ci-dessus.

8°. Si l'on dispose à angles droits deux miroirs perpendiculaires à l'horison, & qu'on s'approche de l'un en suivant une ligne qui lui soit perpendiculaire, il paroitra que la même personne se meut en sens contraire. Dans celui qui est parallèle à la personne qui marche, elle paroitra aller comme du Septentrion au Midi ; mais dans le miroir dont elle approche, elle paroîtra par l'observation 4 venir du Midi au Septentrion.

9°. Si l'on dispose à angles droits le miroir plan *a b c d*, sur la ligne 1 D de la figure A planche 35, de la même largeur que cette ligne & de la Fig. 39.

hauteur de H I ; ayant transporté le point de vûe L K de H en M, en regardant dans le miroir par le trou K, on y appercevra en sens renversé, mais dans ses justes proportions, la téte qui paroissoit difforme sur le plan horisontal E D I G : parce que si au lieu de miroir, on avoit placé sur I D un verre plan, & sur E M G un plan noir perpendiculaire, alors l'œil regardant dans ce verre plan du point K perpendiculaire en H, il auroit vû sur ce verre & dans ses justes proportions en sens naturel la téte A B C D ; ce qui prouve que le miroir plan fait voir par-devant en sens renversé, ce qu'on voit en sens naturel à travers & derriére le verre plan.

Fig 40. 10°. Un miroir plan posé perpendiculairement à l'Horison & déclinant de 45 dégrés de la ligne opposée à l'œil, fait voir en ligne droite les objets qui font un angle droit avec l'œil. Si donc on fait une caisse, dans laquelle le miroir A F, fasse avec le côté B H en F, un angle de 45 dégrés, que le côté A C soit attaché à angles droits au côté H F, qu'au milieu du côté A C soit une ouverture D H, & au milieu du côté F H un gros tuyau pour regarder le miroir ; on n'aura qu'à placer cette caisse sur une fenêtre, de sorte que D H soit en allignement avec une rue, on verra par le tuyau dans le miroir tout ce qui se passera dans la rue, comme si cette rue étoit directement opposée à l'œil. On peut attacher ce tuyau à une boule de genouil d'instrument soutenu par trois bâtons, pour s'en servir par tout & pouvoir le disposer à volonté.

Si la face A H D C étoit fermée & revêtue intérieurement d'une estampe qui représenteroit un palais, un bois, &c. il n'y auroit qu'à couvrir le dessus de la caisse D F C d'un parchemin huilé ; alors regardant par le tuyau, on y verroit cette estampe représentée, comme si on la regardoit directement.

C'est sur ces principes que l'on construit des boëtes d'Optique, dont on cache l'artifice en faisant regarder à travers un petit verre, duquel les bords antérieurs ont été dépolis & usés, afin qu'on ne puisse regarder que directement dans le miroir, sans qu'il soit possible d'appercevoir les côtés de la boëte. Le parchemin dont on couvre ces boëtes pour les éclairer, doit être lavé plusieurs fois dans de nouvelle eau, & à la fin dans de l'eau de Fontaine ; ensuite on l'étend avec des cloux sur des planches pour le faire sécher à l'air. On huile ce parchemin qnand il est sec, ou bien on y passe de tems en tems un vernis ; auparavant on le teint quelquefois en verd avec du verd de gris & du verd foncé délayé dans du vinaigre. C'est par la disposition différente des miroirs plans qu'on voit, sans sortir d'une chambre, ce qui se passe dans une autre, & qu'on pratique une infinité de moyens de surprendre la vûe.

Des Miroirs sphériques, cylindriques, coniques, concaves & convéxes.

IL est naturel d'inférer du principe général de la Catoptrique, que les miroirs travaillés en différentes façons de convéxité ou de concavité, peuvent produire par la réflexion des rayons de lumiére ou de feu, une très-grande partie des effets que les verres travaillés différemment produisent par réfraction : avec cette différence que les effets des miroirs concaves répondent à ceux des verres convéxes, & les effets des miroirs convéxes à ceux des verres concaves.

Observations ou conséquences tirées du principe de la Catoptrique sur les Miroirs sphériques, cylindriques & coniques.

1°. DAns le miroir concave sphérique AB, de métail ou de verre étamé par derriére, les rayons de l'objet K placé au centre C ou sur la ligne D, qui sert de diamétre au miroir, tombans à angles droits sur le miroir, sont réfléchis en K sur eux-mêmes, par la 1re observation sur les miroirs plats; alors celui qui aura l'œil au centre du miroir, ne verra que soi-même sur le point C de quelque côté qu'il se tourne. Fig. 41.

2°. Dans le miroir concave A B les rayons de l'objet E tombans en F sont réfléchis en B, parce que l'angle d'incidence E G étant fait sur la ligne G H perpendiculaire au rayon FC, l'angle de réflexion qui est ici HFB doit lui être égal. Si donc l'œil est placé sur la ligne F B, il verra le point E. Si le miroir concave étoit continué en sa sphère par-delà B, ce point B de réflexion seroit encore réfléchi comme en I, d'où il arriveroit que plaçant l'œil en I, il verroit deux fois l'objet E dans le même miroir : sçavoir en F par la premiére réflexion & en B par la seconde ; ce qui n'arrive jamais dans les miroirs plans ou convéxes.

3°. Si dans le même miroir on tire du point E (où nous supposons l'objet) par le centre K la ligne droite K L par-delà le miroir, alors l'œil placé en B verra cet objet E sur la ligne de réflexion B F prolongée par-delà le miroir au point L, où cette ligne de réflexion coupera la ligne K E prolongée. Il peut arriver que cette intersection se fasse au-devant du miroir, comme elle se fait derriére ; & en ce cas l'objet & son rayon réfléchi paroîtront se toucher devant le miroir. C'est pour cela que se regardant dans ces sortes de miroirs, on se donne la main à soi-même en un certain point. Une personne qui vient derriére nous avec une dague, semble venir l'enfoncer dans le sein d'une personne placée en un certain point du miroir. On ne remarque pas ces effets dans les miroirs plans, qui n'ont aucun centre pour fixer la route de la ligne K E F L, qu'on suppose toujours perpendiculaire au plan d'un miroir plat.

4°. Les verres convéxes d'une seule convexité ont leur foyer par-delà leur centre vers leur diamétre ; mais dans le miroir concave ABC, le foyer est au-dessous du centre environ vers le milieu du demi-diamétre, entre la surface concave & le centre D au point G, vers lequel sur l'axe du miroir D B se réunissent les rayons E F H I, qui tombent paralléles entre eux sur ce miroir. Ils tombent ordinairement tels sur un miroir qui n'auroit que 30 dégrés de surface, à moins que l'objet ne soit au foyer, comme nous l'avons dit observation 1re. Fig. 42.

Si donc l'objet est placé au foyer, les rayons seront réfléchis parallélement, comme ils sortent paralléles d'un verre convéxe ; car si on suppose l'objet placé en G, il enverra les rayons en H & en I, qui seront réfléchis en E H, puisque l'angle de réflexion est égal à celui d'incidence, & qu'on peut supposer l'objet au point de réflexion, comme au point d'où il tombe.

Si l'objet est plus près du miroir que son foyer G, les rayons seront réfléchis divergens. C'est pourquoi si on place là une chandelle, une grande lumiére en sera réfléchie par toute une grande chambre : si l'on écrit sur le

miroir des lettres, elles feront imprimées en très-gros caractére fur les murs & en fens contraire, comme dans les formes d'Imprimerie. Si on place la chandelle au foyer G, les caractéres feront encore imprimés mais moins groffis; fi la chandelle eft reculée par-delà le foyer, les lettres devront paroître plus foiblement, mais en fens naturel: C'eft le fondement des Lanternes magiques. Si l'on enferme un tel miroir dans une boëte d'Optique éclairée par le haut, de forte que l'objet foit moins éloigné du miroir que fon foyer, en regardant par le trou ordinaire à ces boëtes, on verra dans le miroir l'objet plus grand que toute la boëte.

XXXV. Planche. Fig. M.

M. le Chevalier Newton dans fon Traité d'Optique, donne un moyen de raccourcir les Télefcopes en cette maniére. Soit le verre A B C D, qui eft fphériquement concave par le devant A B & convéxe par derriere C D, de forte qu'il foit par tout d'une égale épaiffeur, de peur qu'il ne faffe paroître les objets colorés & confus. Du refte qu'il foit exactement travaillé, endui de vif-argent par derriére & enchaffé dans le tuyau V X Y Z, lequel doit être fort noir en dedans. Soit le prifme de verre ou de criftal E F G placé près de l'autre extrémité du tube à égales diftances de fes côtés, par le moyen d'une efpéce de manche de cuivre ou de fer F G K, dont le bout applati F G couvre un des côtés du prifme, qui fera attaché avec du ciment. Soit ce prifme rectangle en E, ayant les deux autres angles en F & G exactement égaux l'un à l'autre, & par conféquent demi-droits. Soient les côtés plans F E & G E quarrés; ce qui fera au troifiéme côté F G un parallélogramme rectangle, dont la longueur foit à fa largeur en proportion fou-doublée de deux à un. Soit ce prifme placé de telle maniére dans ce tube ou tuyau, que l'axe du miroir, au verre concave A B C D puiffe paffer perpendiculairement par le moyen du quarré E F; & par conféquent par le milieu du côté F G, à un angle de 45 dégrés. Soit le côté E F tourné vers le miroir; & le prifme à telle diftance du miroir, que les rayons de la lumiére P Q, R S, &c. qui tombent fur ce miroir en ligne paralléle à fon axe, puiffent entrer dans le prifme par le côté E F, & être réfléchis par le côté F G, & de là en fortir par le côté G E, & aller au point T, qui doit être le foyer commun du miroir A B D C, & d'un verre oculaire plan convéxe H, au travers duquel ces rayons doivent paffer dans l'œil. Enfin, que les rayons au fortir de ce verre paffent par un petit trou rond, fait dans une petite plaque de plomb, de cuivre ou d'argent, qui doit couvrir le verre & n'être pas plus grand qu'il ne faut pour qu'une quantité fuffifante de lumiére puiffe paffer à travers. Car cela même rendra l'objet diftinct, parce que la plaque où l'on aura fait ce petit trou, interceptera toute la portion vague de lumiére qui vient des bords du miroir A B.

Un tel Inftrument bien fait (s'il eft de 6 pieds de long à compter fa longueur depuis le miroir jufqu'au prifme, & depuis le prifme jufqu'au foyer T) comportera à l'endroit où eft le miroir, une ouverture de fix pouces & groffira les objets environ 2 ou 300 fois. Mais ici il eft beaucoup plus avantageux de terminer l'ouverture par le moyen du petit trou placé vers H, que de la terminer par le moyen d'une plaque pofée fur le miroir A B, & ouverte de Q en S. Que l'on faffe l'inftrument plus long ou plus court, l'ouverture doit être en même proportion que le cube de la racine quarrée-quarrée de la longueur, & le pouvoir amplifiant en même proportion que l'ouverture. Mais il faut que le miroir foit du moins un ou deux pouces plus large

large que l'ouverture ; & que le verre du miroir soit assez épais, pour qu'en le travaillant il ne se courbe point. Le prisme E F G ne doit pas être plus gros qu'il n'est nécessaire ; & le côté de derriére F G ne doit pas être enduit de vif-argent ; parce que sans en être enduit, il réfléchira toute la lumiére qui du miroir tombera sur lui.

Dans cet instrument les objets paroîtront renversés ; mais on pourra les redresser en faisant les côtés quarrés E F & E G du prisme E F G, non plans mais sphériquement convéxes, afin que les rayons puissent se croiser avant d'arriver au prisme aussi bien qu'après, entre le prisme & l'oculaire. Dans ce cas l'image sera un peu colorée, parce que les côtés convexes du prisme font l'effet d'un second oculaire ; & la lunette doit aussi être plus longue pour donner lieu à l'image renversée, qui se fait devant le prisme aussi-bien qu'à la seconde image redressée, qui se fait entre le prisme & l'oculaire, où l'image renversée étoit auparavant.

Ayant rassemblé au foyer de ces miroirs les rayons de lumiére que le Soleil répand autour de lui & qu'il darde sur tous les objets qu'ils rencontrent, on voit alors le feu prendre à ce foyer & brûler ces mémes objets. Peut-être pourroit-on croire que les rayons envoyés de notre feu ordinaire (comme d'un charbon allumé sur la surface d'un miroir concave) pourroient être réunis pour brûler à leur point de réunion ; mais deux obstacles se présentent, qui ne se trouvent point dans le Soleil. 1°. Le Soleil n'envoye que la simple matiére de la lumiére qui est répandue dans l'air sans aucun mélange, au lieu que notre feu ajoûte à cette matiére de lumiére une matiére huileuse qui se trouve dans le bois & les autres matiéres combustiques, ce qui altére déja beaucoup la force de ce feu terrestre. 2°. Le Soleil envoye la matiére de sa lumiére ou son feu, qui est tout autour de lui, en poussant continuellement cette matiére à sa circonférence : au lieu que notre feu n'est pas poussé de toutes parts. Il s'éleve en haut sans beaucoup de violence d'aucun corps qui l'y pousse avec force, mais seulement parce que l'air étant plus pesant que la flamme, éléve cette même flamme jusqu'à ce qu'elle trouve un air plus subtil, avec lequel elle soit en équilibre. D'où il suit que les rayons du feu terrestre & ordinaire ne peuvent se porter contre un miroir concave, à moins que ce miroir ne soit tourné vers la terre & ne couvre ce feu ; alors sa surface sera bien-tôt ternie par la fumée. D'ailleurs ce feu mélangé d'huile est bien foible, pour produire un effet considérable par sa réflexion. Cependant une personne nous a dit avoir tellement disposé deux miroirs paraboliques, qu'un charbon allumé, étant placé au foyer d'un de ces miroirs, ce foyer mettoit en feu par réflexion un paquet de poudre qu'on en avoit éloigné de quelques pieds. Défunt M. du Fai de l'Academie des Sciences, a travaillé avec succès à deux miroirs propres à faire cette expérience. C'est ce que l'on voit en la figure P. planche 35. B C, & B C sont deux miroirs paraboliques de plâtre, dont la concavité est dorée & brunie, leur plus grande ordonnée B C (qui est une ligne droite tirée au diamétre d'une courbe, & coupée en deux par ce diamétre) est d'un pied, & leur axe d'environ 18 lignes depuis l'ordonnée jusqu'à la surface concave. B F & BF sont deux foyers distans de six pouces de la surface concave, à l'un desquels est un charbon allumé, & à l'autre un paquet de poudre à canon, qui s'est enflammée sur le champ ; quoique l'irrégularité inévitable des miroirs composés de

XXXV. Planche Fig. P.

telle matiére ait fait perdre plus des trois quarts des rayons réflechis parallélement, il est hors de doute que tels miroirs de métail ou de verre étamé brûleroient à plus de vingt pieds.

On trouvera facilement le foyer d'un miroir concave en l'exposant au Soleil, de maniére qu'il lui présente son centre; & approchant peu à peu un morceau de bois, jusqu'à ce que le disque de lumiere réfléchie paroisse le plus petit qu'on pourra; ou bien ayant fait tomber de la poussiére vis-à-vis le miroir, on remarquera sur cette poussiére un cône éclairé, dont la pointe sera le foyer. La figure 43 fait voir un miroir ardent exposé au Soleil, & brûlant un morceau de bois. Quoique selon les régles on puisse faire un miroir dont le foyer soit fort éloigné, les rayons ne s'y uniroient pas mieux pour cela, à cause que ces rayons ne pourroient traverser que bien difficilement l'air & à cause de la peine & du travail qu'il en couteroit pour qu'un tel miroir fût exact.

Fig. 43.

Pour le prouver, nous allons exposer quelques-uns des raisonnemens d'un Sçavant de nos jours. Mais nous observerons préalablement que M. Tschirnaus (dont nous avons déja parlé au sujet du fameux verre ardent de Monseigneur le Duc d'Orléans) avoit aussi fabriqué un de ces sortes de Miroirs ardens ordinaires, qui étoit le plus vigoureux que l'on eût connu jusqu'alors. Il étoit composé d'une lame de cuivre qui n'étoit guére plus épaisse que deux fois le dos d'une lame de couteau ordinaire, la largeur du miroir étoit d'environ trois aunes de Leipsick, & son foyer n'avoit que deux de ces aunes de distance. Voici quels effets il produisoit quand on l'exposoit au Soleil. 1°. Il mettoit le feu en un moment à un morceau de bois placé à son foyer, & le vent ne pouvoit en éteindre la flamme. 2°. L'eau bouilloit en un moment & s'évaporoit toute en peu de tems. 3°. Les métaux étoient bientôt fondus, & des lames de fer, d'acier, de cuivre, d'argent, &c. étoient percées en six minutes. 4°. Les pierres & les briques devenoient rouges comme un fer ardent. 5°. L'ardoise, les tuiles, les os, &c. se changeoient en verre. On voit à l'Observatoire de Paris un autre Miroir ardent, qui a son foyer à 3 pieds de distance, dont les effets sont à peu près les mêmes.

On en fait de carton, de paille collée & de toute sorte de corps dur & poli. Mais le verre ardent de Monseigneur le Duc d'Orléans, produit des effets encore plus surprenans par la réfraction des rayons.

Depuis peu on est revenu de la croyance qu'on avoit eu jusqu'à présent qu'il n'étoit pas possible qu'*Archiméde* se fût servi d'un miroir concave pour brûler la flotte des Romains, parce que, [eu égard à la distance des Vaisseaux] la portion de Sphère du miroir auroit dû être d'une étendue impratiquable. Voici ce que dit à ce sujet un Auteur moderne: * » Plusieurs anciens » Historiens ont fait mention des effets étonnans du miroir ardent dont » ils prétendent qu'*Archiméde*, & longtems après lui *Proclus*, ont fait usage » pour brûler les Vaisseaux d'une flotte des Romains qui étoit devant Syracuse. La grande portée & l'extrême étendue du foyer qu'il eût fallu » que ces miroirs eussent eu pour produire cet effet en ont rendu la réalité » fort douteuse aux yeux des Sçavans modernes. Voici comme ils ont rai-

* » *M. de la Chapelle*, Censeur Royal & Membre de la Société Royale de Londres, dans » son Traité des Sections coniques & autres courbes anciennes appliquées ou applicables » aux Arts, vol. in-8°. imprimé à Paris en 1750 chez J. F. Quillau fils, rue saint Jacques.

» ſonné pour peſer les moyens qui pouvoient etre favorables à Archiméde, » qui, ſans doute, avoit toutes les connoiſſances géométriques & néceſſaires » pour donner à ces miroirs la conſtruction requiſe & la plus efficace.

» Suppoſons, dit l'Auteur que nous copions, que cet ancien & fa- » meux Géométre ou d'autres ayent fait uſage de leurs connoiſſances dans » la conſtruction de leurs miroirs : ces Inſtrumens paraboliques, ou ſi l'on » veut, ſphériques ſeulement, ont-ils pû porter l'incendie dans les Vaiſ- » ſeaux des Romains à une diſtance auſſi prodigieuſe pour cela que celle » où ils doivent être de la Ville ? Nous pouvons apprécier cette étendue. » Un miroir ſphérique concave pour enflammer des corps à 150 pieds, » auroit dû être formé ſur un Globe qui auroit eu 300 pieds de rayon ; » mais l'exécution de cette courbe énorme eſt au-deſſus des reſſources de » l'art. Les Vaiſſeaux des Romains s'approchoient aſſez près des murailles » de Syracuſe, puiſque par le moyen d'une grue armée de chaînes on les » ſoulevoit & on les précipitoit dans la mer. Cependant il eſt à croire » qu'Archiméde n'employa ſes miroirs que contre les Vaiſſeaux qui étoient » plus éloignés. Il paroît du moins par ce rapport des Hiſtoriens, qu'il ne » les mettoit en uſage que comme un ſupplément à ſes autres machines.

» Le P. Kircher, qui a été à Syracuſe, détermine cette diſtance à 150 » pieds, ainſi il faut donc renoncer, par les raiſons qui viennent d'être in- » diquées, à admettre les miroirs ardens ordinaires de cette portée, com- » me impoſſibles dans leur exécution ſelon les régles.

» Le ſeul moyen qui reſte pour ſauver la réalité de cette manœuvre ; » qui a tant fait d'honneur à Archiméde, c'eſt de lui ſuppoſer l'idée & de » lui faire employer des miroirs plans ; car le même P. Kircher a dit qu'avec » pluſieurs miroirs de cette eſpéce diſpoſés, de maniere que les rayons, qui » ſe réfléchiſſent de la ſurface de chaque miroir plan, ſe réuniſſant par la » diſpoſition de ces mêmes miroirs, à un foyer commun, il apperçut » qu'ils produiſoient une chaleur ſenſible à une certaine diſtance aſſez con- » ſidérable.

Nous venons de voir un de nos plus célébres Académiciens * embraſſer cet objet dans toute ſon étendue. Il a fait conſtruire une ſorte de Miroir ardent dont l'exécution & les effets qu'il produit, ſurpaſſent tout ce qu'on pouvoit déſirer en ce genre.

Ce miroir eſt compoſé de 360 petites glaces planes, de chacune 4 pouces en quarré, qui ſont étamées & comme arrangées dans un pareil nombre de compartimens d'un grand chaſſis de fer dont nous allons parler. Chaque glace a une eſpéce de monture, dont le méchaniſme eſt d'une nouveauté digne de remarque. Il conſiſte à rendre toutes ces glaces mobiles par le moyen de deux fortes vis de cuivre à oreilles, & d'une piéce de fer qui fait reſſort, en ſorte que par leur mouvement elles peuvent être dirigées vers un point commun à toutes.

Le chaſſis eſt formé par 18 barres de fer de 8 pieds de longueur, poſées verticalement & par 20 autres barres de 7 pieds ſituées horiſontalement. Toutes ces barres aſſemblées compoſent ce chaſſis qui par conſéquent a

* *M. de Buffon*, Tréſorier perpétuel de l'Académie Royale des Sciences, Intendant du Jardin Royal des Plantes & Directeur conjointement avec M. Daubenton, du Cabinet du Roi pour l'Hiſtoire naturelle, lequel eſt auſſi de la Société Royale de Londres, de celle d'Edimbourg & de l'Académie de Berlin, &c.

8 pieds de haut sur 7 de large, ce qui donne une superficie de 56 pieds quarrés. Pour soutenir en équilibre & faire mouvoir ce chassis, il y a au milieu de sa largeur & aux deux côtés de la hauteur deux tenons de fer, faisant l'effet des deux bouts d'un axe qui excédent la largeur du chassis & entrent dans les trous de deux forts montans de fer solidement posés sur un plancher inférieur de forme circulaire, & qui a un peu plus de diamétre que la largeur dudit chassis, de maniére que l'on peut non-seulement lui donner différens dégrés d'inclinaison & le fixer à celui que l'on souhaite, mais encore le faire tourner sur le plancher, afin de pouvoir le diriger de tel côté qu'on voudra. Enfin il y a 4 roues par-dessous le plancher pour mouvoir toute la machine, la transporter d'un lieu dans un autre & l'exposer au Soleil, où l'on dirige aussi toutes les petites glaces.

On ne peut se dispenser, en examinant cette construction, de convenir que toute son ordonnance est la mieux entendue qui se soit pû imaginer.

Ce Miroir brûle du bois & autres matiéres combustibles, plus ou moins vivement, depuis 20 pieds de distance jusques à 200. Il fond de l'étain à 150; & il peut, dit-on, produire à 100 pieds tous les effets de celui de l'Observatoire, & de celui qu'avoit Monseigneur le Duc d'Orléans, dont nous avons ci-devant parlé.

Le foyer de ce nouveau Miroir peut être porté à des distances différentes, par la disposition des petites glaces ausquelles on fait prendre, comme nous venons de l'expliquer, différens dégrés d'inclinaison.

„ Il falloit donc, ajoûte l'Auteur ci-dessus cité, un Miroir aussi puis- „ sant à Archiméde; l'avoit-il en sa disposition? Nous n'en sçavons rien, „ mais presque tous les Opticiens croiront toujours que M. de Buffon en „ est l'Inventeur, & le témoignage des Auteurs qui rapportent le fait d'Ar- „ chiméde, ne leur paroîtra diminuer la gloire de l'invention, qu'en ce „ qu'il aura peut-être engagé ce sçavant Académicien à tourner son atten- „ tion vers cet objet, en sorte qu'on peut aujourd'hui regarder ce fait „ comme antidaté de quelques siécles. ‟

Au reste on pourra voir dans le Recueil qui va paroître incessamment des Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'année 1747, celui qui concerne la description fort ample & très-exacte que M. de Buffon a donnée lui-même de son Miroir avec celle de ses effets, &c. Il espere perfectionner encore ce Miroir, & porter ses effets jusques à 400 pieds de distance & peut-être davantage, en y substituant des glaces d'une grande superficie, comme d'un pied en quarré, &c.

Cet Académicien actuellement occupé d'un projet, qui a aussi rapport à la perfection de cette partie de l'Optique, pourra procurer aux Curieux de grands avantages en ce genre par l'exécution du plan que la supériorité de ses lumiéres & de ses talens ne peut manquer de faire réussir.

Le projet que nous annonçons ici, consiste à faire fondre des glaces d'une superficie courbe & d'une étendue considérable; comme de 3 ou 4 pieds de diamétre ou environ; & pour cet effet il a déja fait élever un four d'une construction toute particuliére.

Le même projet de fabriquer de pareilles glaces a été tenté en Angleterre; mais jusqu'à présent il n'a eu de succès que jusqu'à en faire de courbes d'un pied de diamétre seulement.

Au surplus, il est indubitable que les miroirs paraboliques feroient bien meilleurs que les sphériques, dont nous avons parlé, parce qu'ils réuniroient mieux & bien plus de rayons à leur foyer; mais la difficulté de les construire les fait abandonner, parce qu'on peut se servir du tour pour faire les modéles des sphériques, & pour les polir sur le tour, qui ne peut pas être mis si facilement en usage pour construire les modéles exacts des miroirs paraboliques.

5°. Dans le miroir concave sphérique A B, qui est de métail ou de verre étamé, les rayons de l'objet K placé sur le diamétre prolongé du centre C, sont réfléchis sur eux-mêmes, par l'observation 1re. Fig. 44.

6°. Dans le même miroir, les rayons de l'objet E tombant en F, sont réfléchis en M, parce que l'angle d'incidence E F G étant fait sur la ligne G H perpendiculaire au rayon F C, l'angle de réflexion, qui est ici M F H, doit lui être égal. Si donc l'œil est placé sur la ligne M F, il verra le point E.

Il est évident que ce miroir écarte les rayons & produit par réflexion les effets que le verre concave produit par réflexion. Il n'a donc point de foyer effectif, c'est-à-dire, qu'il n'y produit aucun effet.

Si on prolonge la ligne de réflexion M F, & si par l'observation 3me, du centre C, on tire à l'objet E la ligne C E; le point I de leur intersection sera celui de l'apparence de l'objet E par-delà le miroir.

Ce point d'apparence I pourra se trouver sur le miroir, comme dans sa concavité, ce qui produira différens effets, comme dans le miroir concave.

Une personne dans la ligne C K, paroît toujours plus grande dans ce miroir, à mesure qu'elle s'approche du miroir parallélement à soi-même; parce que, par la remarque précédente le point L de l'apparence de l'objet ou de la personne qui se voit, paroîtra moins enfoncé, & par conséquent plus près de l'œil, & sous un plus grand angle. Il arrivera la même chose, si l'objet demeure en K & si l'œil s'approche du miroir dans la ligne K L; il verra même cet objet moins enfoncé dans le miroir.

7°. Les effets de la réflexion ne sont pas moins surprenans dans les miroirs cylindriques & coniques que dans les sphériques; car ces miroirs sont un composé de miroirs plans & sphériques. Le cylindrique dans sa longueur a les propriétés du miroir plan perpendiculaire, & le conique du miroir plan incliné. L'un & l'autre (le cylindrique & le conique) dans leurs rondeurs, ont les propriétés des miroirs sphériques. C'est pourquoi si l'œil & un objet sont dans la ligne qui va de l'œil à l'axe du miroir cylindrique ou à son centre, cet objet sera vû comme il le feroit dans un miroir plan, sur lequel son rayon tomberoit; c'est-à-dire, que ce rayon paroîtra aussi enfoncé dans le miroir qu'il en sera éloigné.

Si l'œil & l'objet sont en même situation, par rapport à un miroir conique qu'on les suppose ci-dessus à l'égard du cylindrique, l'objet sera vû comme dans un miroir plan autant incliné que le cône; c'est-à-dire, aussi enfoncé dans le cône qu'il le paroîtra dans le miroir incliné, de même inclinaison que le cône.

Si l'œil & un point de l'objet sont dans un plan parallele à la base du miroir cylindrique, la section de ce plan & du miroir étant un cercle, il arrivera la même chose qui arrive dans la ligne horisontale, qui passe par la

circonférence d'un miroir convexe élevé perpendiculairement ; les grandeurs sont fort raccourcies dans ce plan.

Le miroir conique dans sa rondeur a les mêmes propriétés par rapport aux situations précédentes de l'œil & de l'objet, que différens miroirs cylindriques décroissans en diamétre à proportion que le cône s'éléve.

Pour faire remarquer ces différens effets de réflexion & décrire sur un plan horisontal des figures difformes qui paroîtront belles par le moyen de cette réflexion, on fait de deux sortes de tableaux, les uns pour le cylindre, en décrivant sur la surface convexe d'un miroir cylindrique les figures qu'on veut déguiser ; & les autres tableaux pour le cône, en décrivant pareillement sur la surface convexe d'un miroir conique ces mêmes figures ; mais il faudra en l'un & l'autre cas regarder ces miroirs, sçavoir, le cylindrique en face, & le conique perpendiculairement, mais toujours d'un point déterminé.

Maniére de tracer les premiers Tableaux.

Fig. 45. FOrmez sur la surface convexe d'un miroir cylindrique le quarré A B C D, sur lequel vous dessinerez la figure que vous aurez dessein de déguiser ; divisez ensuite ce quarré en seize autres petits quarrés, comme vous avez fait sur le prototype pour la perspective curieuse (fig. A Planche 35.) Ces quarrés serviront à transporter la figure donnée dans des quarrés difformes, qu'on aura décrits sur la surface placée au pied du miroir cylindrique (*fig.* 45 *bis*) dont la base est le cercle F G H I, qui a le point E pour centre. Ce qui se pratique ainsi : Supposez l'œil éloigné du cylindrique d'un ou de deux pieds comme en K, & élevé perpendiculairement sur le point K, un peu plus haut que le cylindre ; tirez par ce point K & par le centre E la droite K E ; divisez K E en deux parties égales au point L. De ce point L, pour rayon L E décrivez l'arc de cercle F E H, qui donnera sur la circonférence F G H I les deux points F H. Par le point K & par les points F & H vous tirerez les droites K F S, K H T, qui toucheront cette circonférence aux mêmes points F H. Ensuite, divisez chacun des deux arcs égaux E F, E H en deux également aux points M & N, alors les droites K M, K N donneront sur la circonférence F I H les deux points O & P, par lesquels vous tirerez les deux lignes O Q, P R, en sorte que l'angle de réflexion F O Q soit égal à l'angle d'incidence P O K, en prenant la ligne K O pour un rayon d'incidence ; & que pareillement l'angle de réflexion H P R soit égal à l'angle d'incidence O P K, en prenant la ligne K P pour un rayon d'incidence : alors les cinq lignes I K, O Q, P R, F S, H T, représenteront les lignes du prototype, qui sont paralléles aux deux côtés A B, B C, que les deux touchantes F S, H T de la fig. 45 *bis* représentent. Il ne reste plus qu'à diviser ces lignes en quatre parties égales pour la représentation qu'on s'étoit proposé de faire, comme nous allons l'enseigner.

Ayant mené par le point I (où la ligne K E coupe la circonférence F I H) la ligne 1, 2, perpendiculaire à la même ligne K E, qui sera terminée aux points 1, 2, par les deux touchantes K F, K H, tirez du centre E par le point H la droite H o, que vous ferez égale à la ligne 1, 2, & divisez-la en quatre parties égales aux points 7, 8, 9. Tirez ensuite

par le point K la droite K X, que vous ferez égale à la hauteur de l'œil & paralléle à la ligne H o ou perpendiculaire à la touchante K H. Ayant appliqué une régle droite au point X, & aux points de division 7, 8, 9, o, marquez des points sur la ligne H T, dans les endroits où elle se trouvera coupée successivement par ladite régle, alors la ligne H T sera divisée aux points 7, 8, 9, T, en parties égales en apparence à celles de la ligne 1, 2, laquelle est divisée par les lignes tirées du point K en quatre parties, qui sont presqu'égales entre elles. Ensuite portez les divisions de la touchante H T sur l'autre touchante F S. Reste à diviser la ligne P R en quatre parties égales pour représenter les quatre parties de la ligne 1, 2; pour cela tirez par le point P la ligne P 6, perpendiculaire à la ligne K P, & égale à la ligne 1, 2. Divisez cette perpendiculaire P 6 en quatre parties égales aux points 3, 4, 5. Tirez pareillement par le point K la ligne ponctuée K V, que vous ferez égale à la hauteur de l'œil & paralléle à la ligne P 6 ou perpendiculaire à K P. Ayant comme auparavant appliqué une régle au point V & aux points de division 3, 4, 5, 6, marquez sur la ligne K P prolongée, les points 3, 4, 5, 6, dans les endroits où elle sera coupée par la régle. Enfin portez les divisions de la ligne P N sur chacune des deux lignes P R, O Q, & faites passer par les points également éloignés de la circonférence F G H I, qui ont été marqués sur les quatre lignes F S, O Q, P R, H T, quatre circonférences de cercle, qui avec les lignes droites F S, O Q, I K, P R, H T, formeront seize quarrés difformes, dans lesquels on transportera la figure du prototype; elle se trouvera défigurée sur le plan horisontal & paroitra dans ses proportions sur la surface convexe d'un miroir cylindrique placé perpendiculairement sur la base F G H I, quand elle y sera regardée par l'œil élevé perpendiculairement sur le point K à la hauteur K X ou K V.

Il suffit d'avoir une moitié du cylindre convexe, parce que l'œil ne peut appercevoir que la moitié de sa convexité. Par l'application juste des observations 1, 2, & 3, 6, & 7, sur les miroirs concaves & convexes, & par la combinaison de ces observations avec celles que nous avons faites sur le miroir plan, non-seulement on abrégera beaucoup les opérations ci-dessus, mais on sçaura tracer des figures difformes sur un plan, qui paroîtront par réflexion dans leurs justes proportions sur des surfaces de miroirs concaves, & même ondoyées. La figure 46 fait voir un miroir cylindrique élevé sur sa figure horisontale. Fig. 46.

Maniére de tracer les seconds Tableaux.

Soit la figure A B C D à déguiser sur le plan horisontal, de sorte que regardée par réflexion sur un miroir conique, elle paroisse dans ses justes proportions. Ayant décrit un cercle autour de cette figure proposée, divisez sa circonférence en tel nombre de parties égales qu'il vous plaira. Tirez du centre E par les points de division autant de rayons, dont l'un comme A E ou D E, doit aussi être divisé en un certain nombre de parties égales. Décrivez du centre E par les points de division autant de circonférences de cercle, qui avec les demi-diamétres précédens diviseront l'espace terminé par la premiere & plus grande circonférence A B C D, Fig. 47.

en plusieurs petits espaces, qui serviront à contre-tirer la figure qui y sera comprise & à la défigurer sur le plan horisontal autour de la base F G H I du miroir conique en cette sorte.

Le cercle F G H I de la Figure 47 *bis*, dont le centre est O, a sa circonférence égale à la base du cône donné; le triangle rectangle K L M de la Figure 47. *ter*, aura sa base K L égale au demi-diamétre O G de la base du cône, & la hauteur K M égale à la hauteur du même cône, la ligne K M, prolongée en N, de sorte que MN soit égale à KM, donnera en N le point de l'œil au-dessus de la pointe du cône, ou bien K N donnera ce même point de l'œil au-dessus de la base du cône perpendiculairement sur son centre. Divisez la ligne K L en autant de parties égales qu'en contient le demi-diamétre A E ou D E du prototype; tirez du point N par les points de division P, Q, R, autant de lignes droites qui donneront sur l'hypotenuse L M, qui représente le côté du cône, les points S, T, V. Faites au point V, l'angle L V 1 égal à l'angle L V R; au point T, l'angle L T 2 égal à l'angle L T Q; au point S, l'angle L S 3 égal à l'angle L S P; & au point M, (qui représente le sommet du cône) l'angle L M 4 égal à l'angle L M K, pour avoir sur la base K L prolongée, les points 1, 2, 3, 4.

Enfin du centre O, de la base F G H I du miroir conique & des intervalles K 1, K 2, K 3, K 4, décrivez des circonférences de cercle, qui représenteront celles du prototype A B C D, & dont la plus grande doit être divisée en autant de parties égales que la circonférence A B C D. Ensuite du centre O, par les points de division, tirez des rayons qui donneront sur le plan horisontal autant de petits espaces difformes, que dans le prototype A B C D, dans lesquels on transportera le prototype qui se trouvera tout-à-fait défiguré sur le plan horisontal, & paroîtra dans ses justes proportions sur la surface convéxe du miroir conique quand l'œil est placé perpendiculairement sur le centre O à la distance de K N.

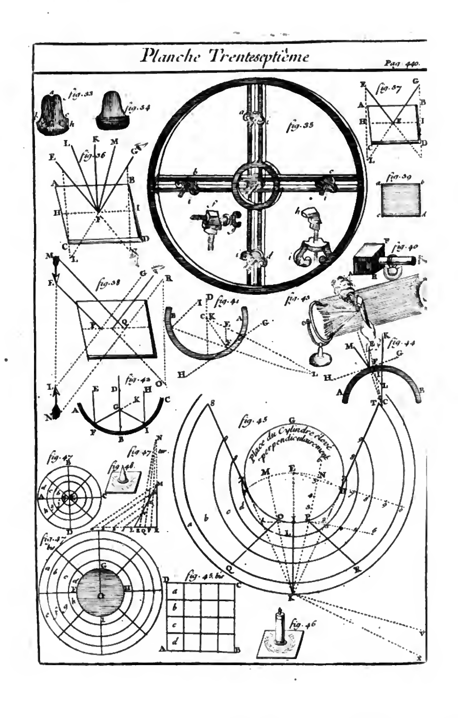
Vous observerez que ce qui est autour du centre du prototype, sera à la circonférence dans la figure déguisée en plan horisontal, & que ce qui est à la circonférence du prototype, se trouvera toucher la base du cône dans la figure déguisée. La figure 48 fait voir un miroir conique, élevé sur sa figure plane.

Fig. 48.

Nous avons remarqué (observation 10[me] sur les miroirs plans) que l'œil devoit changer de place, pour voir par réflexion une figure déguisée & plane; & dans le miroir cylindrique il faut placer le bas de la figure déguisée contre la base du cylindrique, & le haut de cette figure déguisée du côté de l'œil.

Il y a cette différence entre le miroir cylindrique & le conique, qu'on ne peut se servir que d'une moitié du miroir cylindrique, & que l'œil ne peut être placé qu'un peu plus haut ou plus bas, toujours vis-à-vis de ce miroir, pour voir des objets par réflexion. Mais dans le miroir conique, non seulement l'œil peut être placé comme nous venons de dire ci-dessus, & tout le miroir réfléchit des objets à l'œil; mais encore on peut placer l'œil comme au miroir cylindrique, & le prototype sera beaucoup plus déguisé qu'au cylindre, & les espaces des cercles éloignés de la base très-éloignés les uns des autres. Par conséquent la figure sur le plan horisontal sera d'une longueur surprenante en sa partie supérieure; aussi ne se servira-t-on en ce cas que d'un peu plus de moitié de la circonférence du cône.

On


Planche Trenteseptième
Pag. 440.
fig. 33
fig. 34
fig. 35
fig. 36
fig. 37
fig. 38
fig. 39
fig. 40
fig. 41
fig. 42
fig. 43
fig. 44
fig. 45
Place du Cylindre élevé perpendiculairement
fig. 46
fig. 47
fig. 48
fig. 45 bis

On voit que quand l'œil est perpendiculaire au centre du cône, toute la construction de la figure horisontale roule sur le principe général de la Catoptrique, au lieu que quand l'œil est supposé éloigné du cône, comme il est ordinairement du cylindre, & qu'on les regarde tous deux, c'est-à-dire, le cône & le cylindre, de la même maniére, il faut avoir recours aux observations 1, 2, 3, 4, 5, 6, sur les miroirs convéxes & concaves.

Par les principes ci-dessus, on peut encore faire des figures planes difformes pour être vûes par réflexion en leurs proportions dans des miroirs polygônes, plans, perpendiculaires, inclinés & de toute façon.

De la matiére des miroirs convéxes & concaves, sphériques ou cylindriques, coniques & autres, & de la maniére de les achever.

Les miroirs dont il s'agit peuvent être faits de verre étamé, comme le sont ordinairement les glaces de Venise & autres, mais à cause des difficultés qui se présentent dans le travail des verres d'une largeur & d'une épaisseur considérable, tels qu'ils doivent être pour servir aux usages de la Catoptrique, on se contente de les faire d'un métail composé de maniére que nous l'apprenons des *Récréations Mathématiques* de M. Ozanam.

Il faut que le métail propre à la construction des miroirs soit composé de huit parties de cuivre qui n'ait pas encore servi, mélangé avec deux parties d'étain d'Angleterre & cinq parties de marcassite : faites fondre le tout ensemble, & prenez au bout d'un fer chaud un peu de cette matiére fondue. Si étant refroidie elle paroît trop rouge, vous y mettrez un peu d'étain ; mais si elle est trop blanche, vous y ajoûterez un peu de cuivre, jusqu'à ce qu'elle ait acquis une couleur convenable. Ou bien à dix parties de cuivre ajoûtez quatre parties d'étain d'Angleterre, un peu d'antimoine & de sel armoniac ; remuez cette matiére fondue avec une espatule, pour en faire sortir une vapeur dangereuse à respirer, & versez cette matiére fondue dans le moule convenable.

Les moules pour recevoir le métail ci-dessus se font ainsi. Choisissez dans une sabloniére deux pierres de grandeur convenable à votre dessein, & creusez grossiérement dans une le moule du miroir que vous souhaitez faire ; taillez l'autre de la convexité que vous voulez donner à votre miroir, jusqu'à ce que ces pierres s'emboëtent l'une dans l'autre.

Pour y réussir mettez entre ces deux moules ainsi taillés du sable passé au crible & mouillé après ; frottez ces moules l'un dans l'autre circulairement, s'ils sont sphériques, elliptiques, paraboliques ou coniques ; ou en long, s'ils sont cylindriques.

Quand ces deux moules s'emboëteront parfaitement, lavez-les pour en ôter tout le sable. Ensuite pulvérisez de la boue desséchée, passez-la au tamis, détrempez-la dans de l'eau, & étant réduite en bouillie passez-la par un bluteau ou tamis : Prenez de la fiente de cheval & de la bourre que vous mêlerez avec cette masse pour en faire un même corps d'une certaine consistance. Vous pourrez incorporer dans cette espéce de mortier, du poussier de charbon ou de la brique bien pilée & passée au crible. Après avoir étendu ce lut sur une table, passez dessus un rouleau de bois à plusieurs reprises jusqu'à ce que vous ayez donné l'épaisseur que vous voulez donner au miroir ; suppoudrez ce lut ainsi étendu, de poudre de brique pilée,

afin qu'il ne s'attache point au moule, dont vous lui ferez prendre la figure en le mettant dans ce moule.

Quand ce lut fera fec, vous le frotterez de graiffe ou de fuif & le remplirez d'un couvercle de meme lut; & quand ce couvercle de lut fera fec, vous ôterez le lut qui a la figure & l'épaiffeur du miroir & qui occupe la place entre le moule de pierre & le couvercle de lut. Frottez enfuite le dedans du moule de pierre d'un compofé de craie & de lait mêlés enfemble & remettez le couvercle dans ce moule, de forte qu'il laiffe vuide la place, que le lut qui avoit la figure du miroir occupoit; pour cela vous ferez un rebord au couvercle qui s'appuiera fur le bord du moule de pierre.

Nous fuppofons que vous ayez fait des reperes ou marques fur le couvercle & fur le moule de pierre, quand le lut étoit entre deux, pour placer le couvercle fur le moule vuide, comme quand il étoit plein.

Enfin garniffez & embraffez de fils-de-fer le dehors du moule de pierre, & ménagez deux trous au rebord, l'un pour verfer le métail, & l'autre pour faire fortir l'air à mefure que le métail en prendra la place. N'oubliez pas d'enterrer ce moule ainfi difpofé ou de lier fortement le couvercle avec le moule; car autrement quand le métail fondu couleroit dans le moule, il enleveroit le couvercle.

On achevera le miroir de la même maniére qu'on polit les verres. Avec le même maftic qui fert à coller les verres, on attachera le miroir à une *molette*, qui, comme nous l'avons dit en parlant des lunettes, eft une piéce de bois avec laquelle on travaille le verre des miroirs, ou au centre d'une roue horifontale, comme nous avons dit des grands verres convéxes; puis ayant couvert la furface du moule de pierre, de fable broyé & mouillé, on frottera le miroir dans ce moule. Quand le miroir fera bien frotté, on retirera le grais du moule, cependant on frottera jufqu'à ce que le miroir paroiffe propre à être poli; alors on laiffera fécher le moule rond de pierre, & quand il fera fec, on le couvrira d'un papier blanc, fur lequel on mettra du tripoli & de la potée d'étain, & on frottera encore le miroir jufqu'à ce que la furface convéxe foit bien polie.

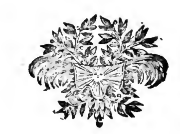
Maintenant pour travailler la furface concave, ayant ôté la molette ou la roue, & le maftic qui les tenoit collés, affermiffez bien fur une table folide le miroir pofé fur fa convexité; & avec une efpéce de balle d'Imprimerie compofée de filaffe bien ferrée, mouillée & chargée de fable ou de grais broyé, frottez avec force toute la concavité du miroir, en promenant également par tout la balle, de la circonférence au centre & du centre à la circonférence par plufieurs circonvolutions. Quand il fera tems ôtez le fable de deffus le miroir, lavez le miroir & la balle, & continuez encore de frotter de la même façon, jufqu'à ce que le miroir paroiffe propre à être poli; alors effuyez bien le miroir, couvrez la balle de cuir ou de drap fin, que vous imbiberez d'eau & de potée d'étain ou de tripoli; frottez encore par circonvolution également & avec force par toute la furface concave, de la circonférence au centre & du centre à la circonférence, & meme directement d'un bord à l'autre, appuyant également la balle par-tout, jufqu'à ce que le miroir foit poli.

On pourroit travailler fur le tour les furfaces convéxes & concaves du miroir, comme nous avons enfeigné ci-deffus à travailler les baffins avec le

secours d'une roue & de quatre tenons de la figure 35. Quand la concavité seroit finie, on retourneroit le miroir pour travailler la convexité. On poliroit même ces surfaces sur le tour, leur présentant, au lieu de l'outil trempé qui a servi à les éclaircir, un morceau de bois rond & couvert d'un cuir ou d'un drap imbibé d'eau & de potée d'étain ou de tripoli : on conduiroit ce polissoir de la circonférence au centre, & du centre à la circonférence, le pressant également par tout contre le miroir, jusqu'à ce qu'il soit parfaitement poli.

C'est ainsi qu'on peut travailler les miroirs sphériques, elliptiques, paraboliques & coniques; mais les cylindriques ne peuvent être travaillés qu'en ligne directe par le frottement d'une molette & d'une balle imbibée de grais; & ensuite de tripoli, selon qu'il convient, parce que ces miroirs ne sont ordinairement que les moitiés d'un cylindre coupé dans sa hauteur.

Fin du neuviéme & dernier Livre.



DESCRIPTION des principaux Outils dont on se sert pour la Construction des Instrumens de Mathématique.

LE principal outil & le plus nécessaire est un gros Etau. Il a plusieurs usages, dont le principal est de tenir l'ouvrage pour le limer. Il faut que cet Etau soit bien limé, que les mords se joignent bien, qu'ils soient taillés en lime & d'une bonne trempe, & que la vis s'ajuste comme il faut dans sa boëte. On l'attache fortement à un Etabli, qui doit être scelé fixément en quelqu'endroit que ce soit.

On se sert aussi de petits Etaux à main, de différente grosseur, suivant l'ouvrage qu'on veut limer.

L'Enclume ou Tasseau sert pour écrouir & dresser l'Ouvrage au marteau. Elle doit être d'acier trempé & bien unie & être placée sur un gros billot de bois pour la maintenir à la place où elle est posée.

Il y a des Tasseaux d'établi qui servent à dresser & à river les petits ouvrages. A quelques-uns il y a d'un côté un bout qui est rond & qui va en pointe : il sert à arrondir les viroles ; & de l'autre côté le bout est quarré & va aussi en diminuant. On nomme cette sorte de Tasseau ou d'enclume, une *Bigorne.*

Les Scies à main sont faites de maniére, qu'il y a une branche qui bande les feuillets de différentes épaisseurs & qu'on arrête par le moyen d'une vis & d'un écrou. Ces feuillets sont des bandes de ressort d'acier trempé, ausquelles on fait d'un côté des dents plus ou moins grandes selon leur destination.

Il est nécessaire d'avoir de bonnes Limes. Celles d'Allemagne sont les meilleures pour les rudes : pour les bâtardes & les douces, celles d'Angleterre sont fort bonnes. On doit aussi avoir de petites limes rudes & douces pour refendre, faites en triangle, en quarré, ainsi que des rondes, demi-rondes, &c. des Rapes pour dégrossir le bois ; des Marteaux un peu gros à panne droite & à panne de travers, pour étirer, dresser & planir l'ouvrage. La *panne* d'un marteau est la partie opposée à la tête ; des petits marteaux d'établi pour river les clous ; des marteaux à tête ronde pour emboutir les piéces en rond, &c. *Emboutir* un métail, c'est le travailler sur une *étampe*, c'est-à-dire, sur un modéle sur lequel on frappe ce métail pour en faire l'empreinte.

On a besoin de *Filieres* doubles & simples : ce sont des machines d'a-

cier percées de plusieurs trous, par lesquels on fait passer les métaux pour les réduire en fils. Ces sortes d'Outils servent encore à faire des vis, dont les pas ou filiéres & les tarauds soient de différente grosseur & finesse. Les *Tarauds* sont des rouleaux d'acier taillés en forme spirale, qui portent aussi les mêmes pas, car chaque trou de filiere doit avoir son taraud.

Tenailles & pinces de plusieurs façons : Cisoires de différente grandeur pour couper le métail : Brunissoir pour polir l'ouvrage.

Des Forets d'acier de diverse grosseur pour percer les trous, dont un bout est limé en langue de chat, & l'autre en pointe : on s'en sert de différente maniére. Il y en a qu'on met dans un tour à percer, qui est composé d'une moyenne barre de fer quarrée, de deux petites poupées qui portent une boëte à bobine, dans laquelle on place le Foret dans un trou quarré qui traverse le corps de la boëte & qu'on fait tourner par le moyen d'un archet fait d'un bout de fleuret, qui est percé par le haut, dans le trou duquel on passe une corde à boyau. On met cet outil dans l'étau quand on veut s'en servir.

On perce encore d'une maniére qui est la plus usitée, en mettant l'ouvrage dans l'étau & le Foret dans une *Bobine*, qui est ici une espéce de poulie de bois ou de cuivre. On applique le bout du Foret dans un petit creux qu'on a fait à une plaque de cuivre ou de fer, laquelle s'attache sur une espéce de palette de bois appellée *Plastron*, parce qu'on l'appuie contre l'estomac ; & alors plaçant la pointe du Foret à l'endroit qu'on veut percer, on fait tourner la bobine & le Foret joints ensemble par le moyen de l'archet.

Le Tour est aussi d'un grand usage. Le plus simple est fait de deux *poupées* de cuivre ou d'acier, qui sont des piéces égales en longueur & en grosseur, qui coulent au long d'une barre de fer quarrée & d'un support qui coule pareillement au long de ladite barre & qui sert d'appui aux outils. Au haut des poupées sont deux vis d'acier trempé qui les traversent & qu'on arrête par le moyen d'un écrou. Pour se servir de ce Tour, on le place dans l'étau & on met l'ouvrage qu'on veut tourner entre les deux pointes de vis. Quand on veut tourner à la main, on se sert d'un archet fait d'un fleuret mince, dans le bout duquel on passe une corde à boyau ou de fouet.

Les grands Tours à tourner au pied, sont composés de deux pouces de bois & de deux jumelles ou coulisses aussi de bois, de la longueur & grosseur proportionnée au Tour. Elles sont soutenues par deux piéces de bois qu'on nomme *les pieds du Tour*. Les *coulisses* sont posées de niveau, & distantes l'une de l'autre de deux à trois pouces, suivant la grosseur des poupées qui doivent se mettre entre deux. Ces coulisses sont assemblées par les bouts sur des supports, qui ont environ 4 pieds de hauteur, & sont assemblées en bas dans deux autres piéces de bois posées de travers, pour rendre la machine plus stable & plus solide.

Une partie de ces poupées doit être entaillée ponr se mettre entre les deux coulisses ; le reste (qui est la tête de la poupée & qui est coupé quarrément) pose solidement dessus la coulisse ; & afin qu'elles soient plus fermes, il y a des clefs de bois que l'on fait entrer à coups de maillet dans des mortoises, qui sont au bas des poupées au-dessous de la coulisse.

Au haut de chaque poupée est une pointe d'acier solidement trempé la-

quelle est enclavée dans le bois : Les deux pointes doivent être si justement placées, qu'elles se touchent dans un même point, quand on les approche l'une de l'autre.

Il y a aussi une barre de bois, qui va tout du long & qui est soutenue par les bras des poupées, qui s'approchent & s'éloignent comme on veut. Cette barre sert d'appui pour les outils lorsqu'on travaille.

Contre le plancher & au-dessous du Tour est une perche disposée en arc, au bout de laquelle est une corde qui descend jusques à terre & qui s'attache au bout d'une piéce de bois qu'on nomme le *Marche-pied*.

Quand on veut travailler, on tourne la corde autour de la piéce qu'on veut tourner, ou d'un mandrin qui lui est ajusté. Ce *mandrin* est une poulie de bois entre laquelle les Ouvriers font tenir les ouvrages délicats, qui ne peuvent être tournés entre deux pointes. En appuyant le pied sur la marche, on fait tourner l'ouvrage par le moyen de la perche ou de l'arc qui fait ressort ; puis avec des outils propres aux ouvrages qu'on appuie sur le support & qu'on pose contre les piéces qu'on veut tourner, on les dégrossit d'abord avec des outils, & ensuite on les finit avec d'autres plus délicats.

Comme toutes sortes d'ouvrages ne se peuvent pas tourner entre deux pointes, qu'il les faut souvent tourner en l'air, on ôte une des poupées, & l'on met à sa place une piéce de bois garnie de fer (qu'on nomme *Lunette*) qui s'ajuste dans les coulisses de meme que les poupées ordinaires lesquelles coulisses au lieu de pointe ont un trou bien rond, dans lequel on fait entrer le collet d'un arbre de fer, dont l'autre bout est soutenu par la pointe de l'autre poupée.

Cet arbre a 15 ou 18 pouces de longueur & est composé de façon, qu'il y a au bout (appuyé contre la lunette) une vis d'un fort gros pas, sur lequel on monte à vis differentes boetes de cuivre, dans lesquelles on fait tenir fermes des morceaux de bois, servans à placer les différentes piéces qu'on veut tourner. A l'autre bout de l'arbre on fait plusieurs pas de vis de différentes grosseurs & finesses, afin de pouvoir faire des vis sur le Tour aux ouvrages.

Environ au milieu de cet arbre est un mandrin, autour duquel est la corde. Pour que cet outil soit bien juste & bien dressé, il est nécessaire qu'il soit fait sur le Tour.

On peut rapporter sur cet arbre plusieurs autres piéces pour former sur le Tour des figures irréguliéres, comme les ovales, les roses, les cœurs, les godrons, les colomnes torses, &c. Toutes ces piéces sont limées de la figure qu'on veut qu'elles fassent : elles ont un trou quarré au milieu qu'on ajuste à un quarré qui est vers le bout de l'arbre.

Quand les piéces sont disposées dans l'arbre, on met son bout qui est en pointe, dans un petit trou qui est à la poupée, & l'autre bout est passé dans la lunette, faite de maniére qu'il y a deux piéces qui font ressort, lesquelles en appuyant & repoussant la figure, font par ce moyen avancer ou reculer l'arbre plus ou moins selon la figure : & c'est ce qui fait que l'outil de celui qui travaille donne la forme à l'ouvrage, qui s'en approche ou s'en éloigne, selon que l'arbre approche ou recule de sa rencontre ; car il faut toujours tenir l'outil ferme sur l'appui. Comme on ne se sert pas ordinairement de ces sortes de figures pour les Instrumens de Mathemati-

que, nous ne nous étendrons pas davantage sur cette maniére de tourner.

Le principal usage de cet arbre est de servir à tourner des cercles en l'air, à faire des rainures dans les boussoles, & autres choses semblables. Cela se fait en plaçant les piéces qu'on veut tourner sur le bois qui tient aux boëtes dont nous avons parlé ci-devant, & qu'on ajuste sur le Tour pour recevoir lesdites piéces.

Les appuis ou supports sont aussi disposés suivant l'ouvrage qu'on veut faire, les uns sur le devant, & les autres sur le côté.

A l'égard des Vis, elles se forment en dedans comme en dehors de l'ouvrage, en faisant entrer le pas qu'on souhaite, dans une piéce de bois taraudée du même pas & qu'on place à la poupée qui porte le bout de l'arbre. On ajuste à cette poupée autant de piéces taraudées qu'il y a de pas au bout dudit arbre. L'autre bout de l'arbre, où est un collet d'une même grosseur, entre juste dans le trou de la lunette; alors appuyant avec le pied sur la marche, cela fait avancer ou reculer l'ouvrage, de maniére que l'on forme la vis ou l'écrou avec des fers à plusieurs dents que l'on fait exprès, suivant les pas marqués sur l'arbre.

Pour les outils à tourner, on se sert pour le bois, de Gouges, de Ciseaux, de Becs-d'âne, &c.

Pour le cuivre ou autres métaux, on se sert de plus petits outils faits de bon acier trempé, comme gros burins pour dégrossir l'ouvrage, des plates-bandes, d'autres pour faire des gorges rondes & des gorges quarrées, des fers crochus, des outils dentelés par le bout, d'autres dentelés par le côté pour former les vis, &c.

Voilà les principaux outils, qui avec ceux dont nous avons parlé dans le corps de cet Ouvrage, sont les plus communément employés. On pourra facilement suppléer aux autres, suivant le besoin qu'on en aura.

Comme la plûpart de ces Outils doivent être faits par ceux qui s'en servent, nous allons donner la maniére de bien choisir le métail propre à leur construction.

Le meilleur acier pour faire les outils vient d'Allemagne. Pour être bon il doit être sans pailles, sans veines noires & sans fourrures de fer; ce qu'on pourra connoître en le cassant, & voyant si le grain est bien fin & bien égal.

Il faut prendre garde en forgeant les outils ou autres choses qui ont besoin d'être recuites au feu, de ne pas brûler ni surchauffer l'acier; mais avoir soin de le forger avec le plus de promptitude qu'il sera possible, car plus l'acier est mis au feu, plus il se gâte & sa qualité s'altére.

Après que les outils ont été forgés & limés, il s'agit de les tremper. Pour cet effet on les fait rougir dans le feu un peu plus que la couleur de cerise, après quoi on les trempe dans de l'eau de fontaine ou de puits; la plus froide est la meilleure. On ne retire l'outil qu'après qu'il est froid, & on lui donne un peu de recuit, c'est-à-dire qu'on le met aussi-tôt sur une piéce de fer chaud, jusqu'à ce que la blancheur qu'il a contractée par la trempe, vienne à se perdre en devenant de couleur jaunâtre, & alors on rejette promptement l'outil dans l'eau, sans attendre qu'il devienne bleu, parce qu'il perdroit sa force.

Pour tremper les limes en paquet & autres piéces que l'on fait de fer, on prend de la suie de cheminée, la plus dure & la plus grosse, qu'on

met en poudre bien fine & qu'on fait tremper dans l'urine & du vinaigre, y ajoûtant un peu de ſel fondu pour la rendre comme une pâte liquide.

Après que l'on a détrempé la ſuie, on en couvre les outils, en faiſant un paquet du tout, que l'on couvre en uite de terre; on met le tout chauffer dans un ſeu ardent de charbon de bois, & quand il eſt un peu plus rouge que la couleur de ceriſe, on le jette dans quelque vaiſſeau plein d'eau très-froide, ce qui rend l'ouvrage ſuffiſamment dur.

Nous avons ci-devant enſeigné la maniére de ſouder le cuivre ou l'argent: nous ajoûterons ici que le fer ſe peut auſſi ſouder avec lui-même, ce qui s'appelle *braſer*: Et pour cet effet on met ſur la piéce qu'on veut braſer, du laiton fort mince avec du borax en poudre par-deſſus; puis couvrant entiérement la piéce de charbon, on la fait chauffer juſqu'à ce que l'on voye fondre & couler le laiton, & alors la braſure eſt faite.

Nous avons donné la maniére de faire la ſoudure d'argent & celle de cuivre. On en fait une avec de l'étain, qu'on met en groſſe limaille avec une rappe, dans laquelle on mêle une ſixiéme partie de ſel armoniac, avec de l'huile d'olive. Cette ſoudure eſt fort coulante & eſt bonne pour les ouvrages qu'on ne veut pas trop chauffer.

Il eſt bon d'avertir qu'on ne doit pas battre ni forger le laiton jaune étant chaud, car il ſe caſſe. A l'égard du cuivre rouge, il ſe bat à chaud & à froid; mais on ne s'en ſert guére dans la fabrique des Inſtrumens de Mathématique, le cuivre jaune étant plus beau & plus propre pour ces ſortes d'ouvrages.

Le laiton ſe fait avec le cuivre rouge & la *calamine*, qui eſt une pierre qui donne la teinture jaune au métail; elle ſe trouve en France & au pays de Liége.

L'or & l'argent ſe battent & ſe forgent à chaud & à froid. Ils ſe fondent auſſi à peu près comme le cuivre, mais pour dégraiſſer & ſéparer l'ordure de la limaille, on la met dans le creuſet avec environ une dixiéme partie de ſalpêtre.

Les Inſtrumens de Mathématique ſe travaillent avec l'or & l'argent de la même maniére qu'avec le laiton.

F I N.



TABLE

TABLE

DES LIVRES, CHAPITRES ET SECTIONS
Contenus en ce Traité.

De la construction & des usages des Instrumens qui servent à la campagne.

LIVRE QUATRIE'ME.

De la construction & des usages, tant de différens niveaux pour la conduite des eaux, que de divers instrumens servans à l'Artillerie.

LIVRE CINQUIE'ME.

De la construction & des usages des Instrumens qui servent à l'Astronomie.

LIVRE SIXIE'ME.

De la construction & des usages des Instrumens qui servent à la Navigation.

LIVRE SEPTIE'ME.

De la construction & des usages des Cadrans Solaires, Lunaires & aux Etoiles.

LIVRE HUITIE'ME.

De la construction de plusieurs Instrumens de Mathématique, de Physique & de machines différentes qui ont rapport à ce Traité.

LIVRE NEUVIE'ME.

Fin de la Table.



APPROBATION.



APPROBATION.

J'Ai lû par ordre de Monseigneur le Chancelier deux Livres qui ont pour titres: *Traité de la Construction & des principaux Usages des Instrumens de Mathématique*, & *L'Usage des Globes*; composés par M. BION, Ingénieur pour les Instrumens de Mathématique: ces Ouvrages sont très-utiles, & le nombre des Editions qu'on en a faites prouve qu'ils ont été très-agréables au Public. Fait à Montpellier ce 22 Février 1751. PITOT.

PRIVILÉGE DU ROY.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre: A nos amés & féaux Conseillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conseil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils & autres nos Justiciers qu'il appartiendra, SALUT. Notre amé le Sr BION, Nous a fait exposer qu'il désireroit faire réimprimer & donner au Public, des Livres qui ont pour titres: *Traité de la Construction & des principaux Usages des Instrumens de Mathématique par le Sr Bion. Usages des Globes par le même. Traité des Astrolabes, & les Planches pour la construction des Globes & Sphères*, s'il Nous plaisoit lui accorder nos Lettres de privilége pour ce nécessaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Exposant, Nous lui avons permis & permettons par ces Présentes, de faire réimprimer lesdits Livres en un ou plusieurs volumes, & autant de fois que bon lui semblera, & de les vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de dix années consécutives, à compter du jour de la date des Présentes; faisons défenses à tous Imprimeurs, Libraires, & autres personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre obéissance; comme aussi d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire lesdits Livres, ni d'en faire aucuns Extraits sous quelque prétexte que ce soit, d'augmentation, correction, changement ou autres, sans la permission expresse & par écrit dudit Exposant ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiscation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers audit Exposant ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & intérêts. A la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris dans trois mois de la date d'icelles; que la réimpression desdits Livres sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caractères, conformément à la feuille imprimée, attachée pour modèle sous le contre-scel des Présentes; que l'Impétrant se conformera en tout aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du dix Avril 1725; & qu'avant de les exposer en vente, les imprimés qui auront servi de copie à la réimpression desdits Livres, seront remis dans le même état où l'approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier Chancelier de France le Sieur DE LAMOIGNON, & qu'il en sera ensuite remis deux Exemplaires de chacun dans notre Bibliothéque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Chancelier de France le Sieur DE LAMOIGNON, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Garde des Sceaux de France le Sieur DE MACHAULT, Commandeur de nos Ordres, le tout à peine de nullité des Présentes; du contenu desquelles vous mandons & enjoignons, de faire jouir ledit Exposant & ses ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement; Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long au com-

Mmm

mencement ou à la fin desdits Livres, soit tenue pour dûement signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & feaux Conseillers-Secrétaires, foi soit ajoûtée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Chartre Normande & Lettres à ce contraires. CAR tel est notre plaisir. DONNÉ à Versailles le huitiéme jour du mois d'Octobre, l'an de grace mil sept cens cinquante-un, & de notre Regne le trente-septiéme. Par le Roi en son Conseil.

Signé, SAINSON.

Registré sur le Registre Deux de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 649. fol. 507. conformément au Réglement de 1723. qui fait defense art. 4. à toutes personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter, & faire afficher aucuns Livres pour les vendre en leurs noms, soit qu'ils s'en disent les Auteurs, ou autrement; & à la charge de fournir à la susdite Chambre neuf Exemplaires de chacun, prescrits par l'art. 108. du même Réglement. A Paris, le 12 Octobre 1751.

Signé, LE GRAS, *Syndic.*

De l'Imprimerie de la Veuve LAMESLE, Rue vieille Bouclerie, à la Minerve. 1752.

